

**Propuesta de producción más limpia para el aprovechamiento de agua de condensación de  
los aires acondicionados en la Universidad de la Costa**

**Por:**

**Ana Milena Alfonso Garavito**

**María Carolina De La Hoz Henríquez**



**Universidad de la Costa  
Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental  
Ingeniería Ambiental  
Barranquilla  
2019**

**Propuesta de producción más limpia para el aprovechamiento de agua de condensación de los aires acondicionados en la Universidad de la Costa.**

**Por:**

**Ana Milena Alfonso Garavito**

**María Carolina De La Hoz Henríquez**

**Asesor:**

**Fabián Alberto Atencio Sarmiento**

**Jorge Enrique Calderón Madero**

**Para otorgar el título de Ingeniero Ambiental**



**Universidad de la Costa  
Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental  
Ingeniería Ambiental  
Barranquilla  
2019**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

**Barranquilla, Atlántico**

### **Dedicatoria**

Este pequeño trabajo de grado está dedicado a Dios primeramente, a mis padres y en especial a mi madre María Elisa Garavito Vaca quién confió en mí desde el primer momento y me brindó su apoyo incondicional durante todo este proceso, a mi hija Emilly Zareth Rincón Alfonso, quién me inspiró y es mi motor para salir adelante.

A mi compañero de Vida Jymmy Emilio Rincón Marín por ser paciente y apoyarme en todo el proceso, a mi compañera incondicional María Carolina de la Hoz Henríquez por su paciencia y motivación. Por último, quiero agradecer a mis hermanos Lázaro Alfonso Garavito y en especial a Jeimy Lorena Alfonso Garavito por ser mis bastoncitos y estar pendientes de mí durante esta bella etapa de mi vida.

**Ana Milena Alfonso Garavito**

Este pequeño triunfo está dedicado a Dios, quien hizo posible este logro, a mis padres Julio De La Hoz Arévalo y Luisa Henríquez Gómez, quienes trabajaron día a día para hacer de mí una profesional y apoyarme en cada momento.

A mis hermanos Camilo José y Luis Ángel De La Hoz Henríquez, quienes confiaron en mí, a mi Abuelo Melquiades Henríquez que está en el cielo y que en vida me expresó su deseo por verme graduada. Por último, quiero agradecer a los compañeros que siempre estuvieron ahí y me brindaron su apoyo incondicional, conocimiento, y mejores consejos, Ana Milena Alfonso, Carlos Morillo, Gina Henríquez y Marcela Vásquez.

**María Carolina De La Hoz Henríquez**

### **Agradecimientos**

Queremos agradecer esta tesis a Dios primeramente, quien nos guió en cada paso y en cada momento, nos dotó de sabiduría, paciencia, entendimiento y nos dio la fortaleza que necesitábamos para avanzar y terminar con éxito esta etapa.

Infinitas gracias a cada uno de los miembros de nuestras familias, a nuestros padres principalmente quienes nos apoyaron en cada una de las adversidades que se nos presentaron y a cada una de las personas que permanecieron a nuestro lado en los momentos más duros y quienes nos dieron ánimos para seguir luchando.

Agradecemos también a nuestros compañeros y profesores de la Universidad quienes hicieron parte de este maravilloso proceso.

Por último, un agradecimiento muy especial a nuestros tutores, Fabián Atencio Sarmiento y Jorge Calderón Madero, quienes nos apoyaron en cada etapa de este proceso, nos dieron ánimos, nos aportaron su tiempo, esfuerzo y sabiduría para sacar adelante este proyecto de grado y que más que nada confiaron en nosotras.

**Ana Milena Alfonso Garavito**

**María Carolina De La Hoz Henríquez**

### Resumen

Es evidente que el planeta enfrenta una crisis de escasez de agua dulce, por esta razón es importante explorar alternativas que permitan el reúso del agua a un costo mínimo. Debido a lo anterior surge la idea de esta investigación, la cual pretende reutilizar el agua condensada de los aires acondicionados como una fuente alternativa para usos domésticos como riego y aseo en el bloque 7 de la Universidad de la Costa, con el fin de generar un impacto en el ahorro de recursos. En este sentido, la investigación estará enfocada en caracterizar y cuantificar la generación del agua condensada, además, se realizará un diagnóstico de las condiciones hídricas del bloque, y se comprobará la viabilidad de la propuesta mediante la aplicación integral de herramientas de producción más limpia. La metodología empleada en esta investigación es de tipo cuasiexperimental, con un enfoque cuantitativo y un alcance exploratorio, por lo que la información es escasa y sería el punto de partida para futuras investigaciones. Mediante una revisión inicial ambiental se obtuvo información de las condiciones hídricas actuales del bloque 7, también, se desarrolló un ecobalance y análisis costo-beneficio que permitieron comprobar la viabilidad de la propuesta, además de generar beneficios financieros y ambientales para la universidad. Por último, la caracterización y generación del agua de condensado resultaron ser aceptables en el uso de aseo y riego puesto que cumplen con lo establecido en la normativa Colombiana (Resolución 1207 del 2014 y 2115 del 2007).

***Palabras clave:*** Reutilización, agua condensada, aire acondicionado, producción más limpia

### **Abstract**

It is clear that the planet is facing a crisis of shortage of fresh water, therefore, it is important to explore the alternatives that are found in the water and the minimum cost. The idea of this research, which was reused, the condensed water, the air conditioners, as an alternative source, for uses, such as irrigation and cleaning, in block 7 of the Universidad de la Costa. Impact on saving resources. In this sense, the research will focus on characterizing and quantifying the generation of condensed water, in addition, a diagnosis of the water conditions of the block will be seen, and the viability of the proposal will be verified through the integral application of cleaner production tools. The methodology used in this research is of the quasi-experimental type, with a quantitative approach and an exploratory scope, so that information is scarce and is the starting point for future research. Through an initial review, information was obtained about the current conditions of block 7, as well as an equation and a cost-benefit analysis that allowed obtaining the viability of the proposal, as well as the financial and environmental benefits for the university. Finally, the characterization and generation of condensate water are acceptable in the use of cleaning and irrigation that meets the requirements established in Colombian regulations (Resolution 1207 of 2014 and 2115 of 2007).

***Keywords:*** Reuse, condensed water, air conditioning, cleaner production

## Contenido

<b>Lista de tablas y figuras.....</b>	<b>10</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>13</b>
<b>Capítulo 1. Planteamiento del problema.....</b>	<b>15</b>
1.1.Descripción del problema.....	15
1.2.Formulación del problema.....	17
1.3.Objetivos.....	18
1.4.Justificación.....	18
<b>Capítulo 2. Marco referencial.....</b>	<b>20</b>
2.1.Antecedentes.....	20
2.2.Marco teórico.....	26
2.3.Marco legal.....	38
<b>Capítulo 3. Marco metodológico.....</b>	<b>42</b>
3.1.Diseño Metodológico.....	42
<b>Capítulo 4. Resultados y analisis de los resultados.....</b>	<b>50</b>
4.1. Revisión inicial ambiental (RIA).....	50
4.2. Caracterización físico química y microbiológica .....	55
4.3. Determinación de caudal.....	59
4.4. Ecobalance.....	61
4.5. Costos de Ineficiencia.....	65
4.6. Diseño del sistema de captación, almacenamiento y reusó del agua condensada.....	67
<b>Conclusiones.....</b>	<b>74</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>75</b>
<b>Referencia.....</b>	<b>76</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>83</b>



### **Siglas**

APU - Análisis de Precio Unitario.

CUC - Universidad De La Costa.

HVAC - Aire acondicionado Central.

OMS - Organización Mundial de la Salud.

ONU - Organización de las Naciones Unidas.

PML - Producción Más Limpia.

PNUMA / UNEP - Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

RIA - Revisión Inicial Ambiental.

UNESCO - Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

**Lista de tablas y figuras****Tablas**

Tabla 1. Normativa relacionada.....	39
Tabla 2. Parámetros y técnica de análisis.....	46
Tabla 3. Información de los aires acondicionados del bloque 7.....	51
Tabla 4. Aspectos e impactos ambientales relacionados.....	54
Tabla 5. Valores de los parámetros físico químicos y microbiológicos.....	55
Tabla 6. Caudal promedio obtenido en el monitoreo.....	59
Tabla 7. Proyecciones de caudal.....	60
Tabla 8. Consumo de agua en actividades de aseo y riego.....	62
Tabla 9. Consumo mensual de agua de pozo en la universidad de la costa.....	65
Tabla 10. Relación del consumo de agua de pozo con los ahorros proyectados.....	66
Tabla 11. Costos de ineficiencia, proyección año.....	67
Tabla 12. Materiales a utilizar en la red de recolección y almacenamiento.....	71
Tabla 13. Presupuesto para la ejecución del sistema.....	73

## Figuras

Figura 1. Esquema de una unidad HVAC típica.....	29
Figura 2. Esquema metodológico de la revisión inicial ambiental.....	35
Figura 3. Esquema del ecobalance.....	36
Figura 4. Esquema de costos de ineficiencia.....	37
Figura 5. Esquema de caracterización de costos.....	38
Figura 6. Diseño metodológico.....	43
Figura 7. Plano del bloque 7.....	51
Figura 8. Entradas y salidas de los procesos de aseo y riego.....	63
Figura 9. Esquema de ecobalance de los procesos de aseo y riego.....	64
Figura 10. Sistema de red de tubería de PVC existente en el bloque 7 de la CUC. ....	68
Figura 11. Tanque de 2000L y válvula flotadora.....	69
Figura 12. Grifo codo esfera manguera 1/2"x3/4" Arco .....	70
Figura 13. Propuesta preliminar de la vista del perfil del sistema propuesto.....	72

**Lista de anexos**

Anexo 1. Entrevistas al personal clave.....	83
Anexo 2. Evidencias fotográficas de las entrevistas.....	86
Anexo 3. Evidencias fotográficas del monitoreo y experiencia en el laboratorio.....	87
Anexo 4. Datos obtenidos en el laboratorio de la caracterización fisicoquímica, método de titulación.....	89
Anexo 5. Datos Obtenidos en el monitoreo para la determinación de caudal.....	91
Anexo 6. Ficha ambiental para la estrategia de reutilización del agua condensada.....	94
Anexo 7. Plano de redes de desagüe por pisos bloque 7.....	95
Anexo 8. Análisis de precios unitarios (APU).....	98

## Introducción

El recurso más valioso del mundo es el agua dulce, y su demanda es especialmente grande en regiones con climas cálidos y secos. La mayor parte de la tierra está cubierta por agua, con un volumen total de alrededor de 1.4 billones de km<sup>3</sup>, de los cuales los recursos de agua dulce representan solo 2.5% (Alliance for water efficiency, 2018). Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), más de una de cada seis personas no tiene acceso a agua potable. La escasez de agua dulce prevalece en muchos países en desarrollo y desarrollados (De Gois, Rios, & Costanzi, 2015). En vista de los actuales problemas de escasez de agua, las tecnologías innovadoras que pueden producir agua dulce a un costo mínimo son cada vez más importantes, y se debe fomentar el desarrollo de tales tecnologías.

En climas cálidos y húmedos, se usa una cantidad considerable de energía en el acondicionamiento del aire exterior, que implica enfriamiento y deshumidificación. Comparando el típico edificio de oficinas, los sistemas de aires acondicionados centrales (HVAC) en instalaciones tales como hospitales, laboratorios e instituciones pueden consumir de cinco a diez veces más energía, lo cual implica una generación considerable de agua de condensado (Licina & Sekhar, 2012).

El agua de condensación del aire acondicionado podría explorarse como una fuente de agua alternativa, que podría considerarse dentro de los cálculos globales del suministro de agua. La recuperación del agua de condensación del aire acondicionado se ha desarrollado recientemente como una nueva tecnología que contribuye de manera eficiente a la gestión de los recursos hídricos. Por lo tanto, garantizar la seguridad del agua en el futuro requiere un amplio apoyo de la comunidad para realizar cambios en las políticas, la práctica y la tecnología, como

aquellos involucrados en el suministro de recursos hídricos alternativos (Algarni, Saleel, & Mujeebu, 2018).

Las instituciones de educación superior cuentan con sistemas de aires acondicionados para cada uno de sus bloques, salones y/o oficinas. Estos artefactos condensan parte de la humedad contenida en el aire atmosférico de los recintos, generando aguas de condensación que son desperdiciadas. Por lo anterior, es importante desarrollar un estudio que permita conocer las características del agua condensada que generan los aires acondicionados el cual sirva para determinar los potenciales usos y aprovechamientos que se le puedan dar dentro de las instalaciones de dichos planteles.

En este sentido, esta investigación estará enfocada en evaluar los parámetros físico-químico y microbiológico del agua condensada implementando una estrategia que ayude a la minimización del consumo de esta; a su vez permita un diagnóstico de las condiciones hídricas actuales mediante la implementación herramientas de producción más limpias (PML), tomando como referencia un Bloque de la institución. Finalmente se pretende realizar un análisis económico para la universidad de la Costa mediante la propuesta de reutilización del agua condensada de los aires acondicionados.

## **Capítulo 1**

### **Planteamiento del problema**

#### **1.1. Descripción del problema**

El agua es un recurso indispensable para el desarrollo socioeconómico, además de ser indispensable para la supervivencia de las diferentes especies vivas, es un vínculo crucial entre la sociedad y el medio ambiente, y a medida que la población crece se genera la necesidad de conciliar la competencia entre las demandas comerciales de los recursos hídricos, para que las comunidades tengan lo suficiente para satisfacer sus necesidades, esto ha permitido a las diferentes entidades unir esfuerzos para encontrar alternativas de abastecimiento de agua, tanto a nivel nacional como mundial, por lo que la reutilización del agua es una opción que ha venido tomando peso (ONU, 2019).

El sexto objetivo del desarrollo sostenible hace énfasis en la escasez del agua a nivel mundial estima que para el 2050 al menos un 25% de la población mundial viva en un país afectado por la escasez crónica de agua dulce, lo cual prevé una situación alarmante de pobreza, hambre y desnutrición. Además de esto el 70% de todas las aguas extraídas de los ríos, lagos y acuíferos se utilizan para el riego (ONU, 2019).

En Colombia, según un reporte realizado por Noticias RCN, 2019 en base al informe del Departamento Nacional de Planeación, en octubre del 2015, el país estaba 13 puntos por encima del 30% de los estándares internacionales que permiten el desperdicio de agua, por lo que se desperdicia un 43% de agua, siendo las zonas costeras los sectores donde más se presenta esta situación. Conjuntamente a esta situación el fenómeno del niño, trajo consigo el aumento de la temperatura, lo que afectó al país en cuanto disponibilidad del recurso hídrico.

Por otro lado, las fuertes olas de calor que en los últimos años han aumentado, trayendo consigo la utilización de aires acondicionados como fuentes reguladoras de temperatura (Sostenible, 2018), estos aparatos generan agua por el efecto de condensación que producen cuando están en funcionamiento. El agua que es obtenida diariamente por los aires acondicionados, no recibe ningún tratamiento y tampoco se encuentra dentro de un sistema de reutilización, por el contrario, durante el proceso de enfriamiento del aire, el agua que éste produce es desperdiciada y desechada. El agua que es generada por los aires acondicionados, son también consideradas aguas condensadas, por su aspecto y características, este tipo de agua pueden ser aprovechadas para distintos usos como riego, aseo, entre otras (Guz, 2005).

Partiendo de lo anterior se identifica una problemática en cuanto al desperdicio y no aprovechamiento de las aguas condensadas, ya que en promedio una unidad de aire acondicionado, dependiendo de la potencia que tenga puede generar hasta 21.6L/día de agua (Aguirre et al, 2018).

Un estudio realizado por Aguirre et al, 2018, en el cual evalúan la cantidad de agua generada por las unidades de aires acondicionados en una universidad de la ciudad de Santa Marta y con respecto a esta ellos definen que tan favorable y sostenible es reutilizar esta agua, además de realizar los estudios pertinentes a las características fisicoquímicas y microbiológicas, son la base a la idea de esta investigación con la que se pretende diseñar una propuesta de reutilización para el agua de condensación de los aires acondicionados bajo el enfoque de producción más limpia en la universidad de la costa, con el propósito de brindar un aporte significativo en cuanto al ahorro y uso eficiente del agua en la institución.



El reúso del agua en Colombia según el Decreto 3930 del 2010 está asociado a la utilización de los efluentes líquidos y al previo cumplimiento del criterio de calidad. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2014). Por consiguiente, el propósito de reutilizar el agua generada por los aires acondicionados es caracterizarla y de esta manera comprobar que cumple con los criterios de calidad establecidos por la norma e implementar su uso dentro de las actividades de la universidad.

En este sentido el enfoque de producción más limpia que se pretende dar a esta investigación se logra mediante la aplicación integral de herramientas de PMA que permitan diseñar la metodología por la cual se cuantifique la cantidad de agua condensada que generan los aires acondicionados, evalúe diferentes alternativas para el uso eficiente dentro de las actividades de la universidad y permita calcular la viabilidad de esta propuesta. De este modo asegurar la calidad del agua condensada para reutilización en diferentes actividades como riego y aseo, minimizando el consumo de agua de pozo de la institución.

## **1.2. Formulación del problema**

La presente investigación surge ante la necesidad de reutilizar el agua condensada que generan los aires acondicionados con el fin de presentarle a la Universidad de la Costa a través de la producción más limpia otra alternativa de consumo de agua que le aporte al programa de ahorro y uso eficiente del agua, reduzca el consumo de agua de pozo y genere un aporte en el ahorro de costos para la institución. Con la intención de buscar una solución a esta problemática surge una pregunta:

*¿Cómo aprovechar el agua de condensación de los aires acondicionados bajo el enfoque de producción más limpia en la universidad de la Costa?*

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general.**

Diseñar una propuesta de aprovechamiento para el agua de condensación de los aires acondicionados bajo el enfoque de la producción más limpia en la Universidad de la Costa.

#### **1.3.2. Objetivos específicos.**

- Caracterizar los parámetros físicos-químicos y microbiológicos del agua de condensación de los aires acondicionados en la Universidad de la costa.
- Determinar las herramientas de producción más limpia para el aprovechamiento del agua de condensación de los aires acondicionados en la Universidad de la costa.
- Identificar el uso potencial para el agua de condensación de los aires acondicionados en la Universidad de la costa.

### **1.4. Justificación**

El continuo deterioro de los recursos hídricos en muchas partes del mundo evidencia claramente que no se están adoptando las políticas necesarias para mejorar la eficacia en el uso del agua; esto en gran parte se debe a la flexibilidad de las políticas tanto nacionales como a nivel internacional, la falta de conciencia y sentido de pertenencia. El agua al ser considerada como un recurso inagotable genera una cultura de desperdicio, uso excesivo y no aprovechamiento de esta.

El cambio climático y sus efectos sobre el planeta también aceleran el aumento de la escasez de agua, lo que repercutirá en mayores fluctuaciones en el agua de lluvia recolectada. Se calcula que para el 2025, la mitad de la población mundial vivirá en áreas con estrés hídrico. Esto

se puede solucionar si el gobierno comienza a integrar sistemas que permitan aprovechar y reutilizar las aguas residuales (Giovanini, 2019).

El uso del agua ha venido aumentando un 1% anual en todo el mundo desde los años 80 del siglo pasado, impulsado por una combinación de aumento de la población, desarrollo socioeconómico y cambio en los modelos de consumo. La demanda mundial de agua se espera que siga aumentando a un ritmo parecido hasta 2050, lo que representa un incremento del 20 al 30% por encima del nivel actual de uso del agua, debido principalmente al aumento de la demanda en los sectores industrial y doméstico (ONU-UNESCO, 2019).

Las proyecciones de la OCDE señalan un aumento de la demanda del agua en un 55% (respecto al año 2000). Si continuamos con la actual tendencia de consumo de este recurso, en el 2050 la mitad de la población sufrirá escasez de agua (Palou, 2019).

La disponibilidad de agua depende de la cantidad de agua físicamente disponible y de cómo se almacena, maneja y distribuye a distintos usuarios, incluye aspectos relacionados con la gestión de las aguas superficiales y subterráneas, así como el reciclaje y reutilización del agua.

Se pretende hacer frente a la problemática de escasez y contribuir a la disminución del consumo de agua de las fuentes naturales, mediante la implementación del reúso o reutilización de las aguas residuales o grises, específicamente el agua de condensación de los aires acondicionados, las cuales con los estudios pertinentes pueden ser una parte de la solución a la problemática de disponibilidad del recurso hídrico tanto en la universidad como en muchos otros lugares del mundo. Las estrategias de ahorro de agua se formulan con la finalidad de tomar acciones que permitan la conservación y manejo integral del recurso hídrico, enfocado al ahorro y uso eficiente, competitividad y reducción en el monto tarifario pagado, que permitan definir

metas y evaluar el desempeño ambiental de la universidad, apoyándose en las herramientas de producción más limpia y enfocados al desarrollo sostenible.

## **Capítulo 2**

### **Marco referencial**

#### **2.1. Antecedentes**

Para la elaboración de este documento se tuvieron en cuenta investigaciones a nivel internacional, nacional y regional, las cuales están enfocadas a la reutilización del agua condensada de los aires acondicionados y a la implementación de herramientas de producción más limpia. A continuación, se presentan algunas de ellas.

##### **2.1.1. Antecedentes internacionales.**

Durante la búsqueda se encontró una investigación realizada por Pablo Rodríguez Pajarón (2006) en la Universidad Politécnica de Madrid. Esta investigación tuvo como objetivo el diseño y el cálculo de un ciclo de compresión mecánica simple, para su utilización en un dispositivo capaz de obtener agua potable a partir de la humedad del aire.

Este dispositivo brindó un gran aporte con respecto al proceso de condensación, captación y estudio de las características del agua condensada, mediante la implementación de una alternativa diferente para el uso responsable del agua, con el objeto de resolver la falta de abastecimiento del agua en el departamento de Amazonas Colombia.

En Palestina también fue desarrollada una investigación para tesis de maestría realizada por Lubna Siam (2013) en la universidad de Birzeit, la cual tuvo como objetivo comprender el

potencial de recuperación del agua condensada de los sistemas de aire acondicionado. Este proyecto es muy importante puesto que evaluó la fuente de agua que generan los aires acondicionados en términos de calidad y cantidad. La investigación y revisión de la literatura realizada por el autor le permitieron concluir que el agua de condensación se encuentra en buena calidad cumpliendo con los estándares de palestina en cuanto sea reutilizada para riego, a excepción de las mediciones de turbidez. Por lo tanto, si se utiliza para beber, puede crear algunas preocupaciones relacionadas con el sabor y el color.

Este estudio además comprueba que el agua de los aires acondicionados podría considerarse como una alternativa distinta para uso ya sea en riego y usos doméstico, generando un aporte importante en cuanto a la calidad del agua condensada y cantidad de agua que pueden generar estos artefactos, pues la recuperación de esta ayuda a minimizar el consumo de agua dulce.

Otro estudio significativo encontrado, fue realizado en la Universidad de Pavia en Italia por Anna Magrini, Lucia Cattani, Marco Cartesegna y Lorenza Magnani, el 21 de julio de 2017. Esta investigación tuvo por objetivo evaluar el uso sostenible del recurso hídrico a partir de sistemas de aires acondicionados. El documento presenta un estudio preliminar sobre un sistema HVAC integrado, que combina aire acondicionado y extracción de agua del aire. Su diseño se centró específicamente en la optimización entre los dos efectos mencionados, también se analiza el comportamiento del sistema, teniendo en cuenta las condiciones climáticas reales y en particular, las de la costa de los Emiratos Árabes. Los cálculos preliminares muestran que el agua extraída del aire, por condensación, puede satisfacer hasta casi la mitad de las necesidades del caso de estudio representado por un hotel moderno.

Este estudio permite conocer la cantidad de agua que genera un sistema de HVAC, además de conocer las características y los diferentes usos que se le pueden dar a este tipo de agua, comprobando el uso sostenible mediante la recuperación y aprovechamiento del agua condensada.

Por otro lado, brindando un aporte significativo a la implementación de medidas de producción más limpia en la reutilización del agua, se halló una investigación en el Instituto Tecnológico S/N. Ex-Rancho La Virgen en México, elaborado por Mireya González, Elena Rosa Domínguez y Nydia Suppen-Reynaga en el 2007. Esta investigación expone el análisis realizado sobre la reutilización de agua de saneamiento en las distintas etapas del proceso productivo de elaboración de bebidas gaseosas. Esta investigación implementó el método del análisis del ciclo de vida, ACV, para evaluar los impactos ambientales antes y después de aplicar las medidas de producción más limpia. Los resultados dan la evidencia de notables reducciones en cada una de las categorías evaluadas. Además, realiza un análisis económico donde propone dos alternativas, la primera relaciona las inversiones en cada etapa para la reutilización de las aguas de lavado, que técnicamente pueden ser usadas y la otra variante que representa una inversión mayor ya que se basa en la recolección y tratamiento de las aguas en la planta de tratamiento. Ambas variantes resultaron factibles en la investigación.

Este estudio brinda aportes significativos en el estudio económico y estudio de viabilidad de la propuesta para reutilización de aguas grises, también relaciona medidas de producción más limpia que ayudan a determinar las condiciones económicas y a definir impactos ambientales potenciales asociados a las entradas y salidas del proceso productivo.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales.**

Para los antecedentes nacionales se pudo establecer que en Bogotá específicamente en la Universidad Libre un grupo de estudiantes conformado por Nataly Muñoz Morales Y Rafael Eduardo de la Rosa Camacho en el 2015 realizaron una investigación, la cual tuvo como objetivo principal formular el programa de Producción Más Limpia para la Universidad Libre - Sede Candelaria. El documento contiene el diagnóstico detallado de los principales aspectos a controlar y manejar en la sede, también define la oferta hídrica y energética, analizando el comportamiento del consumo de recurso hídrico y energético y a su vez identificando los procesos representativos en el contexto de consumo de recursos y generación de residuos. Las investigaciones realizadas por parte de los autores les permitieron concluir, las insuficiencias en el manejo hídrico y energético como también de los residuos, las cuales fueron claves para generar estrategias que ayudaron al control y uso eficiente de estos recursos.

Este proyecto brindó aportes sobre el uso e implementación de herramientas de producción más limpia en la elaboración de un diagnóstico, en el cual se utilizaron herramientas como revisión inicial ambiental, ecomapa, ecobalances y matriz MED, estas, permiten identificar y evaluar situaciones ambientales que deben ser abordadas con eficiencia y prontitud.

Por otra parte, en la ciudad de Bogotá fue realizado un proyecto por los estudiantes Luis Alberto Garzón Rivera y Ana María Gutiérrez González en el año 2016 de la universidad libre, cuyo objetivo principal fue formular estrategias de producción más limpia para el proceso de cromado en piezas metálicas de la empresa Zinc Ltda., ubicada en la ciudad de Bogotá. Este proyecto estuvo basado en la búsqueda de estrategias de producción más limpia que previeron los efectos ambientales negativos del proceso de cromado de la empresa Zinc Ltda., mediante un diagnóstico ambiental que permitiera conocer las condiciones actuales de la empresa, lo que

permitió concluir que las estrategias de Producción más limpia que se formularon para el proceso de cromado en la empresa Zinc Ltda., pueden disminuir los impactos ambientales propios del sector, reducir costos en la operación y aumentar la competitividad empresarial.

Esta investigación permitió conocer la importancia de implementar estrategias de Producción más limpia que aporten al desarrollo sostenible, la reducción de riesgos para las personas y el medio ambiente y el aumento de la eficiencia en los procesos. Además, brindó un aporte significativo en cuanto a la metodología de aplicación integral de herramientas de producción más limpia.

### **2.1.3. Antecedentes Regionales.**

Dentro de los antecedentes regionales se pudo establecer que en la ciudad de Santa Marta específicamente en la Universidad del Magdalena, fue realizado un proyecto investigativo por Sonia E. Aguirre, Nelson V. Piraneque y Arturo Roza (2017). El objetivo de esta investigación es el estudio potencial de uso del agua generada por unidades de aire acondicionado. Este documento estudia, evalúa y cuantifica la disponibilidad y calidad del agua, asimismo realiza una valoración para el uso en la universidad del Magdalena. Esta investigación además consideró alternativas de análisis de tipo cualitativo y descriptivo. Las investigaciones y los resultados de este estudio le permitieron al autor concluir que el recurso es óptimo para uso agrícola y como fuente para los destiladores de los laboratorios. Así, el uso del agua generada por las unidades de aire acondicionado es una alternativa viable y sostenible.

Esta investigación brinda un aporte en cuanto a la calidad y cantidad de agua que puede generar un aire acondicionado, además del reúso para fines agrícolas y aguas destiladas,



resaltando además la importancia de la utilización de nuevos recursos y aprovechamiento del agua.

Otra investigación a nivel regional fue hallada en la ciudad de Barranquilla, la cual fue desarrollada en la Universidad de la Costa por Andrés Camilo Arrauth Gómez y Galdino Taborda Armenta (2017). Esta investigación tuvo como objetivo diseñar un sistema de tratamiento y reutilización de aguas grises de los evaporadores de los aires acondicionados del bloque 10 de la Universidad de la Costa, alimentado por energía solar que permitiera la minimización del uso de energía eléctrica y la demanda de agua. Esta investigación estuvo planteada en tres etapas a fin de cumplir con los objetivos propuestos, la caracterización de la fuente hídrica, el diseño del sistema y finalmente un análisis de la rentabilidad del sistema de tratamiento de agua. Los resultados obtenidos por los autores permitieron concluir que las características del agua están dentro de los estándares permisibles por la norma colombiana para agua potable, el diseño del sistema permitió un tratamiento de agua por filtro multimedia y para el análisis económico se obtiene que este sistema no es rentable ya que la recuperación en la inversión del sistema no puede superar el 20% por año, según la ley 1715 de 2014.

Esta investigación deja un aporte significativo respecto al ahorro de agua y de energía, además de tener un impacto en el ámbito educativo ya que esta podrá servir de base para futuras investigaciones. Esta tesis de pregrado permite el aporte a la cuantificación de agua que puede generar los sistemas de aire acondicionados en un bloque de la universidad de la costa, además de los distintos usos que se pueden aplicar dentro de la institución.

## **2.2. Marco teórico**

El marco teórico de esta investigación estará enfocado en mencionar la importancia de reutilizar el agua de condensado que generan los aires acondicionados, previamente se definirían las características que presenta el agua de condensación, como ocurre este proceso en los aires acondicionados y los usos que se le pueden dar a este tipo de agua dentro de las actividades cotidianas, finalmente se dará a conocer el concepto de producción más limpia, beneficios y sus herramientas como método de aplicación para el proceso de reutilización del agua.

### **2.2.1. Reciclaje y reutilización del agua.**

Según la organización de las naciones unidas (ONU), el agua está en el epicentro del desarrollo sostenible y es fundamental para el desarrollo socioeconómico, por eso es importante que se generen nuevas alternativas para uso y consumo de esta. Mediante la práctica de reciclaje y reutilización del agua, se pueden encontrar fuentes valiosas de aguas como son: aguas pluviales, residuales y aguas grises, las cuales han sido desperdiciadas de forma convencional. De acuerdo con la Estrategia Nacional de Gestión de la Calidad del Agua (NWQMS, 2006), desarrollada por el Consejo de Patrimonio y Protección del Medio Ambiente, se plantean dos ventajas que pueden ser consideradas a través del reciclaje y la reutilización del agua.

1. Provisión de fuentes de agua adicionales para diversos fines, incluidos muchos que son proporcionados por recursos limitados de agua dulce (NWQMS, 2006).
2. Reducción de la descarga de aguas residuales en ambientes receptores. Este aspecto es considerado vital para el concepto de reciclaje de agua. (NWQMS, 2006).

El reciclaje y la reutilización del agua se consideran buenas prácticas medioambientales, ya que su implementación depende en gran medida de la economía y, por lo tanto, puede ser

difícil de implementar (EPA, 2007). Sin embargo, siguiendo las Estrategias Nacional de Gestión de la Calidad del Agua, en la provisión de fuentes de agua adicionales para diversos fines y en la reducción de la descarga de aguas residuales, se puede desarrollar y planificar simplemente a nivel del hogar.

### **2.2.2. Importancia de reciclar y reutilizar el agua de condensación del aire acondicionado.**

El agua de condensación del aire acondicionado puede considerarse como una de las técnicas de ahorro de agua, ya sea a nivel de hogar individual o en edificios de mayor escala. Los sistemas de aire acondicionado se han utilizado en muchas partes del mundo (Wilson, 2008). El propósito de la mayoría de los sistemas es proporcionar confort térmico y una calidad de aire interior aceptable para los ocupantes. Con la mejora del nivel de vida, los ocupantes requieren un ambiente interior cada vez más cómodo y saludable (Kostiainen, 2008).

Los sistemas de enfriamiento del aire acondicionado dependen de las bobinas del evaporador; los drenajes de condensados arrastran el agua, en lugar de desperdiciar esta fuente, capturarla sería una alternativa para estudiar (Wilson, 2008). El agua condensada de los sistemas de aire acondicionado es una fuente de agua sin explotar, que se puede reciclar para torres de enfriamiento o irrigación al aire libre. Por ende, no se debe ver como un producto de desecho que se enviará por las líneas de alcantarillado sanitario (Guz, 2005); si no por el contrario, es importante usarlas en actividades ya sea domésticas.

Dado que el agua es fundamental para el desarrollo del ser humano. Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU) el agua y los sistemas de saneamiento no pueden estar separados. Ambos son vitales para reducir la carga mundial de enfermedades y para mejorar

la salud, la educación y la productividad económica de las poblaciones. Aplicar un tratamiento de saneamiento básico resulta ser muy costoso, aun cuando se trata de reutilizar el agua. En consecuencia, se considera un estudio al agua condensada de los aires acondicionados como una alternativa diferente al reúso del agua, ya que por su aspecto y características esta es de suficiente calidad para ser reutilizada directamente, sin ser sometida a procesos de purificación. Además, este tipo de agua se puede implementar en distintas actividades como riego, aseo, sistemas de refrigeración de maquinaria de producción, entre otros (Negocio Tecnológico, 2011). Su reciclaje y reutilización no resultan ser costosos y en cambio su uso puede ser muy eficiente.

### **2.2.3. Proceso de condensación en los aires acondicionados.**

Para conocer cómo se genera el agua condensada de los aires acondicionados, primeramente, se debe conocer cómo funcionan estos artefactos. El aire acondicionado funciona por medio de un líquido que se bombea a través de todo el sistema y absorbe el calor cambiando de estado de vapor de gas a líquido a medida que recoge el calor del recinto y lo saca al exterior. Este funciona por medio de un refrigerante especial que tiene un punto de ebullición muy bajo, lo que permite el cambio de líquido a vapor en bajas temperaturas. Este refrigerante además se encarga de mantener la temperatura óptima para que cumpla con el objetivo de retirar el calor del aire y lograr la temperatura de condensación deseada (PROCARSA, 2004, p.2).

Al cambiar el estado físico del agua de la fase gaseosa a la fase líquida, cuando el vapor de agua en el aire (humedad) entra en contacto con una superficie más fría, el agua cambia de un estado de gas a un estado líquido y se recoge en la superficie. El proceso por medio del cual el vapor de agua del aire se transfiere a líquido se denomina condensación (Guz, 2005).

El agua condensada que es generada por los aires acondicionados se elimina para evitar daños al equipo y la estructura del edificio. La mayoría de las veces, en los sistemas de aire acondicionado central, el condensado se drena de la bobina a una bandeja de goteo; donde está conectado a una manguera que lleva el agua condensada al sistema de alcantarillado. El agua condensada se puede cuantificar entre 18.9 L a 75.7 L por día, generada por una casa completa, lo que equivale a más de 1135.3 L por mes en el verano. Dependiendo de la ubicación de las bobinas de aire acondicionado central, esta agua se puede capturar, almacenar y utilizar fácilmente (AWE, 2010).

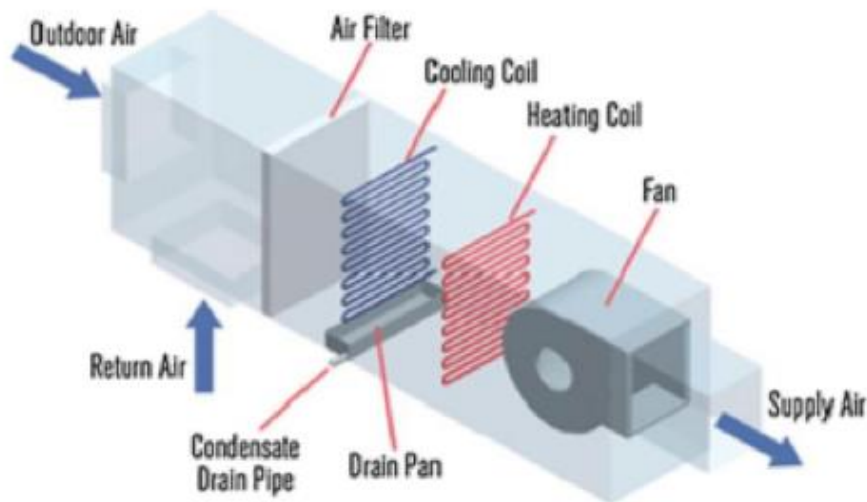


Figura 1. Esquema de una unidad HVAC típica. Fuente: (Glawe, 2013).

#### 2.2.4. Características del agua condensada de los aires acondicionados.

Se espera que el agua que resulta del proceso de condensación del aire acondicionado sea un agua suave y neutra, de buena calidad con muy bajo contenido de minerales y metales (Habeebullah, 2009). Además, tiene un contenido muy bajo de sólidos disueltos totales (TDS) y baja conductividad (Alliance for water efficiency, 2018).

En cuanto a características microbiológicas. El agua que circula para recoger el calor se evapora y como resultado los sólidos disueltos en el agua se concentran. El agua perdida por la evaporación y la deriva se reemplaza por la composición del agua dulce. Durante este proceso, los gases del aire, las partículas y los nutrientes para el crecimiento biológico son absorbidos por la evaporación. También reduce la solubilidad de los sólidos que permanecen en el agua recalculada. Estos efectos combinados aumentan de manera corrosiva el agua de refrigeración, causan depósitos tenaces que impiden la transferencia de calor y crean sitios donde crecen los microbios (Siam, 2013). Es importante el mantenimiento y control a los aires acondicionados, ya que estos impiden el crecimiento de microbios y controlan la corrosión del agua (Guz, 2005).

#### **2.2.5. Usos domésticos del agua condensada de los aires acondicionados.**

Normalmente el agua condensada por sus características no requiere ningún tipo de tratamiento para usos domésticos, el aprovechamiento y uso de esta resulta ser eficiente. Según Franco (2007), existen otros usos que se le pueden dar a estas aguas, entre los cuales sugiere, uso urbano, como, riego de jardines privados, lavado doméstico de vehículos, estructuras y en edificios para inodoros, además de usos mineros como lavados en procesos metalúrgico y riego de caminos. Aparte la autora (citando a Salgot, 2004) resalta otros usos para el aprovechamiento de esta agua, en las cuales se encuentra usos recreativos como riego de campos de golf, remo navegación, creación de estanques, creación de zonas húmedas, mejora de paisajes, zonas húmedas para tratamientos, recuperación o mantenimiento de zonas húmedas y cambios de vegetación; y usos industriales como para limpieza y lavado, enfriamientos, obras públicas, calderas, para refrigeración, control del polvo y compactación de suelos.

### **2.2.6. Producción más limpia.**

Una estrategia que se puede aplicar a este proyecto y que ayuda a la prevención del consumo inadecuado del agua es la producción más limpia. Este concepto fue introducido por la Oficina de Industria y Medio Ambiente del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente en 1989. Su tarea fue crear conciencia sobre el concepto y demostrar sus beneficios para fomentar el desarrollo sostenible (UNEP, 2006).

Más tarde, la Producción más limpia fue mencionada en la Cumbre de Río en 1992, como una estrategia importante para llevar adelante el concepto de desarrollo sostenible aumentando la tendencia de instaurar marcos políticos y jurídicos internacionales para las políticas ambientales mediante la fijación de leyes que establecieran criterios alrededor de temas ambientales de importancia a nivel mundial (UNEP, 2006).

Hoy en día, la producción más limpia está definida como una estrategia ambiental preventiva que va integrada a los procesos, productos y servicios con el objeto de aumentar la eficiencia global y reducir los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente. Esta estrategia además busca el uso eficiente de la energía, el agua, y el aprovechamiento de residuos, integrando al mismo tiempo beneficios, ambientales e industriales (Bart van Hoof, 2008).

Entre los beneficios ambientales, la producción más limpia reduce la contaminación e impactos ambientales negativos, ayuda a la minimización de residuos y vertimientos con ahorro en costos de tratamiento y disposición, contribuye al cumplimiento efectivo de la normativa ambiental y reduce costos por uso eficiente de insumos como agua y energía. Por otro lado, la producción más limpia aporta beneficios industriales como aumento en la productividad y calidad del servicio, mejora en la imagen de la institución, generando posicionamiento en el sector,

ahorro en costos de energía y mejoramiento continuo de instalaciones, equipos y tecnologías (A, 2004).

En contexto la Producción más limpia no impide el crecimiento o avance de la prestación de servicios, sino que es el engranaje entre la aplicación de estrategias ambientales y consideraciones económicas; por lo tanto, cada acción que se realice en el área de servicios no solo se hace con el fin de reducir el consumo de agua y energía si no para disminuir y prevenir la generación de residuos. De esta manera se aumenta la productividad en términos de eficiencia y se generan ventajas financieras considerables (industrial, 2008).

Por lo anterior, es considerable implementar la producción más limpia como estrategia para prevenir y minimizar el consumo de agua con el propósito de garantizar el hallazgo de beneficios y potencialidades en áreas críticas que requieran de atención y que sean de fácil acceso para justificar la implementación de mecanismos que funcionen y aporten valores agregados al área de servicio de la universidad.

#### **2.2.7. Herramientas de producción más limpia.**

La Producción más limpia se soporta mediante herramientas que apoyan el sistema ambiental, proporcionando técnicas e información que permite definir el estado ambiental de un proceso, tomar decisiones, implementar cambios necesarios y verificar los resultados. Estas herramientas son instrumentos que permiten definir el estado ambiental y económico de un producto o proceso, con el objeto de establecer alternativas preventivas a implementar (Bart van Hoof, 2008).

Las herramientas de producción más limpia están relacionadas con las etapas de planeación, implementación, evaluación y revisión de alternativas preventivas, dentro de estas



etapas se aplican unas herramientas que sirven para diagnosticar el diseño de medidas de acción, alcanzar los objetivos planteados durante la planeación y revisar el desempeño del sistema de gestión (Bart van Hoof, 2008).

La clasificación de las herramientas de producción más limpia se puede clasificar de la siguiente manera:

#### ***2.2.7.1 Clasificación de las herramientas de producción más limpias.***

Las herramientas de producción más limpia se pueden clasificar en tres grupos dependiendo de su función, el tipo de análisis y según el tipo de resultado, esta clasificación permite una mejor selección en las diferentes herramientas que se desean implementar (Bart van Hoof, 2008).

- *Según su Función.*

Esta clasificación tiene como objetivo realizar el diagnóstico ambiental de los procesos y productos o servicios, priorizando las áreas de acción ambiental, apoyando a la gestión ambiental dentro de los procesos brindando una mejora continua frente al uso de recursos (Bart van Hoof, 2008).

- *Según el tipo de análisis.*

Esta hace referencia al enfoque de un proceso, producto o servicio, los cuales permiten analizar las unidades de producción y cuantificar los impactos que estos generan, las herramientas que pueden ser aplicadas a esta clasificación son los diagramas de procesos o ecobalances, análisis de flujo y análisis de ciclo de vida (Bart van Hoof, 2008).

- *Según el tipo de resultado.*

Estas se basan en el resultado generado después de la aplicación de una serie de herramientas, aquí se desprenden herramientas de tipo cualitativa que ayudan a caracterizar el impacto, proporcionan información sobre el estado de la unidad de análisis y brindan una valoración con respecto al estado general del proceso, producto o servicio. Herramientas de tipo cuantitativa los cuales cuantifican los impactos generados por un análisis de un determinado producto o servicio (Bart van Hoof, 2008).

#### ***2.2.7.2. Descripción de las herramientas de producción más limpia.***

- *Revisión Inicial Ambiental (RIA).*

La revisión inicial ambiental (RIA) es una herramienta de diagnóstico orientada a la entidad como un todo, esta herramienta permite una revisión global preliminar de las cuestiones, impactos y comportamientos en materia de medio ambiente relacionados con las actividades de una organización, la cual genera resultados cuantitativos y cualitativos y es indispensable para la fase de planeación del sistema de gestión ambiental brindando una imagen real del desempeño ambiental de la empresa en un momento determinado (Bart van Hoof, 2008).

La RIA hace parte del ciclo PHVA y está integrada en la planificación la cual tiene por objetivo conocer la situación actual de la organización, con respecto al medio ambiente, con el fin de identificar aspectos e impactos ambientales los cuales requieren de una mejora y control durante el proceso. La revisión puede llevarse a cabo durante un periodo de tiempo determinado, y mediante actividades como entrevistas y encuestas con personal clave (EMAS, 2013).

A continuación, veremos cómo se realiza una RIA y los diferentes puntos que se deben identificar, siguiendo lo establecido en la NTC ISO 14001:2015 y el Reglamento Europeo EMAS (Environmental Management and Audit).

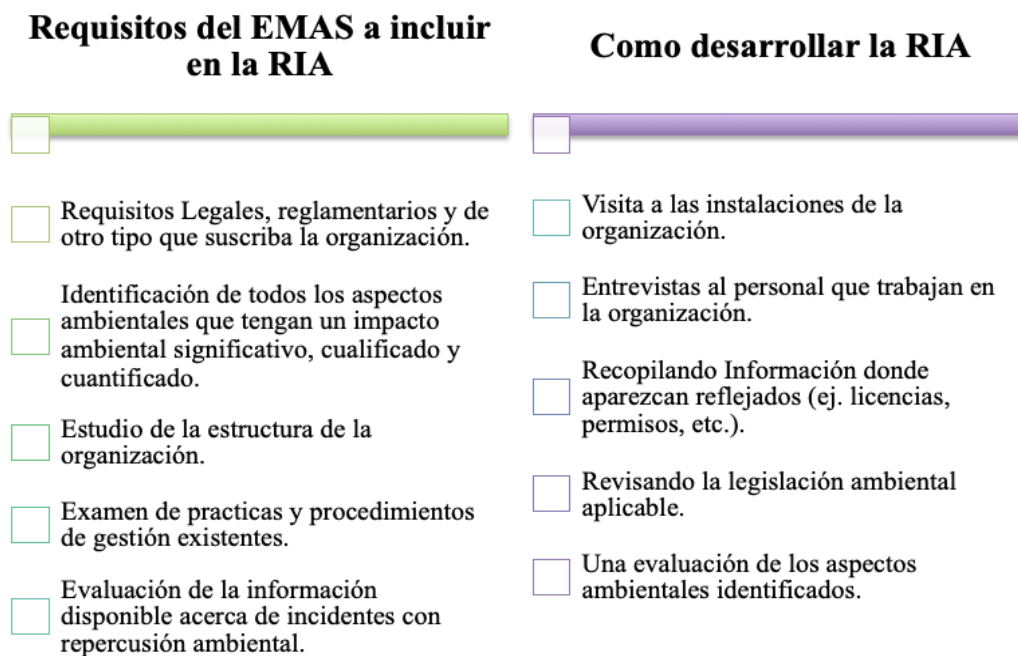


Figura 2. Esquema metodológico de la Revisión Inicial Ambiental (RIA). Fuente: Autores 2019.

- *Ecobalance.*

El ecobalance se puede considerar como una herramienta de diagnóstico, ya que permite identificar los procesos u operaciones unitarias que presentan ineficiencias; esta herramienta está orientada al proceso y con ella se obtiene información cuantitativa. El objetivo principal del ecobalance es recopilar y organizar datos para evaluar alternativas de PML, además identifica etapas del proceso productivo que necesitan mejoramiento en el desempeño ambiental. El ecobalance además analiza las entradas y las salidas evaluando aspectos ambientales de los materiales y energía utilizados dentro del proceso productivo (Bart van Hoof, 2008).

Durante el desarrollo del ecobalance, se deben tener en cuenta los procesos u operaciones del ciclo de vida de un producto como una caja negra, en la cual se especifican las entradas y las salidas de estas, también, se identifican los materiales y las energías utilizadas durante el proceso productivo, permitiendo un análisis detallado de la relación de los impactos de las actividades ambientales con el ciclo de vida del producto (Bart van Hoof, 2008).



Figura 3. Esquema del ecobalance. Fuente: Autores 2019.

- *Análisis de Costos de Ineficiencia.*

El análisis de costos de ineficiencia es una herramienta que sirve para identificar alternativas preventivas las cuales permiten la obtención de beneficios económicos para la empresa y el medio ambiente. El análisis de costos de ineficiencia está enfocado en la concepción de eficiencia, es decir, un proceso es eficiente cuando permite la minimización de costos y a su vez puede maximizar los beneficios; contrario a esto la ineficiencia es la diferencia entre la eficiencia teórica del proceso y la relación entre el consumo actual de recursos y los productos de beneficio. Es decir, los costos de ineficiencia son los gastos que no son obligatoriamente necesarios para obtener los mismos beneficios (Bart van Hoof, 2008).

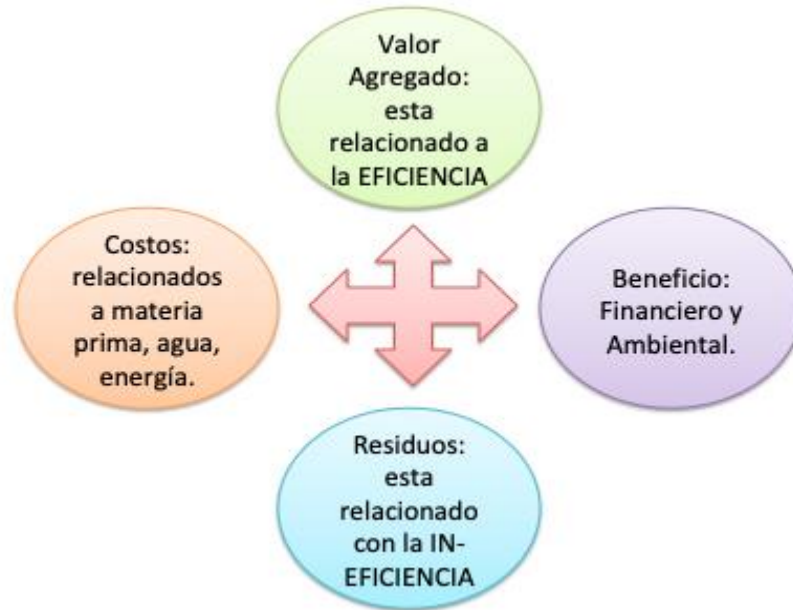


Figura 4. Esquema de costos de ineficiencia. Fuente: Autores 2019.

El análisis de los costos de ineficiencia está determinado por el manejo inadecuado de insumos como materia prima, energía, agua y otros aditivos. Los costos pueden estar determinados por costos directos e indirectos. Los costos que están relacionados de manera directa con la materia prima son identificados como costos directos y aquellos costos que no se visualizan, es decir, que están escondidos entre otros rubros más generales son definidos como costos indirectos. Un ejemplo, el costo de materias primas desperdiciadas está incluido en el rubro total de materia prima requerida para producir un producto (Bart van Hoof, 2008).

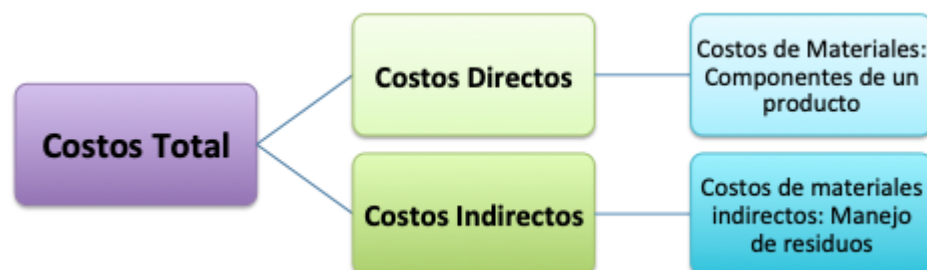


Figura 5. Esquema de categorización de costos. Fuente: Autores 2019.

### **2.2.8. Aplicación de las herramientas de producción más limpia para el reúso del agua condensada.**

Para lograr la implementación exitosa de la estrategia de producción más limpia en el reúso del agua condensada, es necesario realizar un diagnóstico ambiental que permita conocer las condiciones del agua y la situación actual del uso de esta en la institución, que sirva para identificar puntos con oportunidades de mejora. Todo esto se logra mediante la aplicación de herramientas de producción más limpia utilizadas como instrumentos de ayuda para visualizar prácticas, procedimiento y minimización de consumo.

Por lo anterior, una vez se identifique la oportunidad de mejora dentro de la institución se realiza la aplicación de las herramientas de producción más limpia la cual va ligada al ciclo PHVA. Para cada una de las etapas del ciclo PHVA se aplican herramientas que permitan ver resultados de aporte para la reducción de costos de uso eficiente del agua (A, 2004).

## **2.3. Marco legal**

El marco legal de esta investigación, contendrá todas las normativas que serán empleadas y referenciadas en el diseño de la propuesta de reutilización para el agua de condensación de los aires acondicionados bajo el enfoque de la producción más limpia en la Universidad de la Costa.

Tabla 1.

## Normativa Relacionada

TÍTULO	EMISOR	DESCRIPCIÓN
<b>Cumbre de la tierra – Rio 1992</b>	Organización de las Naciones Unidas (ONU)	“Reafirmando la Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, aprobada en Estocolmo el 16 de junio de 1972a , y tratando de basarse en ella, Con el objetivo de establecer una alianza mundial nueva y equitativa mediante la creación de nuevos niveles de cooperación entre los Estados, los sectores claves de las sociedades y las personas, Procurando alcanzar acuerdos internacionales en los que se respeten los intereses de todos y se proteja la integridad del sistema ambiental y de desarrollo mundial” (desarrollo, 1992).
<b>Resolución 2115 de 2007</b>	Ministerio de Protección Social, Ministerio de Ambiente, vivienda y Desarrollo Territorial	“Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano” (Alcaldía mayor de Bogotá. 2007).
<b>Ley 373 de 1997</b>	El congreso de Colombia	“Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua” (Alcaldía mayor de Bogotá. 1997).
<b>Ley 9 de 1979</b>	El congreso de Colombia	“Por la cual se dictan medidas sanitarias”

		(Alcaldía mayor de Bogotá. 1979).
<b>Decreto 3930 de 2010</b>	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	“Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones” (Alcaldía mayor de Bogotá. 2010).
<b>Decreto 1076 de 2015</b>	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	“Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible” (sostenible, 2015).
<b>Política Nacional De Producción Más Limpia 1997</b>	Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	“Estrategia para fortalecer la gestión ambiental en el sector nacional con el fin de aumentar la productividad y competitividad desde una perspectiva ambiental” (Ministerio del Medio Ambiente, 1997).
<b>Producción Y Consumo Sostenible 2010</b>	Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	“Se actualizan e integran la Política Nacional de Producción más Limpia y el Plan Nacional de Mercados Verdes” (Viceministerio de Ambiente, 2010).
<b>NTC ISO 140001: 2015</b>	El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación	“El propósito de esta Norma Internacional es proporcionar a las organizaciones un marco de referencia para proteger el medio ambiente y responder a las condiciones ambientales cambiantes, en



		equilibrio con las necesidades socioeconómicas” (140001, 2015).
<b>NTC ISO 5667-3: 2004</b>	El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación	“Esta parte de la ISO 5667 se entiende que debe ser usada en conjunto con las normas ISO 5667-1 e ISO 5667-2, las cuales tratan del diseño de programas de muestreo y de las técnicas de muestreo respectivamente” (5667-3, 2004).
<b>Reglamento EMAS</b>	Comisión Europea	“Relativo a la participación voluntaria de organizaciones en un sistema comunitario de gestión y auditoría medioambientales (EMAS), y por el que se derogan el Reglamento (CE) no 761/2001 y las Decisiones 2001/681/CE y 2006/193/CE de la Comisión” (EMAS, 2009).

Fuente: Autores

## Capítulo 3

### Marco metodológico

#### 3.1. Diseño metodológico

El diseño metodológico empleado para la realización de la investigación es de tipo cuasi experimental, esta tiene por objetivo poner a prueba una hipótesis causal manipulando (al menos) una variable independiente por razones logísticas (PUENTE, cedoc, 2006). Se determinó este diseño metodológico debido a que en el estudio los datos obtenidos son el resultado de encuestas y estimados de consumo de agua y generación de agua de condensación de los aires acondicionados; asimismo se consideró un enfoque cuantitativo que permite cuantificar el caudal de agua de condensación de los aires acondicionados del bloque 7 durante el tiempo de funcionamiento y determinar los valores de los parámetros físico-químicos y microbiológicos. La revisión de la literatura permite definir que el alcance de la investigación es de tipo exploratorio ya que trata temas poco estudiados y con poca información (Roberto, 2014), por lo que se pretende proponer alternativas de reutilización mediante la selección de las herramientas de producción más limpia, que permitan un diagnóstico de las condiciones hídricas y a su vez permitan demostrar la viabilidad de esta propuesta, además de contribuir al ahorro y uso eficiente del agua y de esta manera proporcionar información a las futuras investigaciones sobre metodologías para su utilización.

Teniendo en cuenta lo anterior, la metodología empleada se desarrolló en cuatro fases.



Figura 6. Diseño metodológico. Fuente: Autores 2019.

### 3.1.1. Fase 1. Revisión Inicial Ambiental (RIA).

En esta primera fase se realizó una revisión inicial ambiental (RIA) que permitió determinar el área de estudio y un diagnóstico de las condiciones hídricas. El modelo metodológico a seguir está representado en la Figura 3, los cuales están sujetos a lo establecido en la NTC ISO 14001:2015 y el Reglamento Europeo EMAS (Environmental Management and Audit).

Inicialmente se realizó un recorrido en campo a cada uno de los bloques de la Universidad de la costa, en donde se pudo observar los puntos de desagüe de los aires acondicionados y con ayuda de un operador de mantenimiento se inspeccionaron los puntos de descarga de estas aguas, determinando el bloque 7 como el más apto para llevar a cabo el

desarrollo de la propuesta, ya que este cuenta con todos los puntos de desagüe de los aires acondicionados visibles y de fácil acceso para la realización del muestreo a diferencia de los demás bloques, también se pudo observar que en este bloque el agua de los aires acondicionados no dispone de un fin determinado, el agua simplemente cae al suelo manteniendo los alrededores húmedos.

Posteriormente se identificó el personal clave que ayudará a la recopilación de la información necesitada, para esto se realizaron una serie de entrevistas al personal que labora dentro del bloque seleccionado y al departamento de calidad y desarrollo de la institución.

Finalmente se identifican los aspectos e impactos ambientales mediante una tabla que permite reconocer la actividad que genera el aspecto ambiental y el tipo de impacto que este aspecto puede generar. Para lo anterior, se tienen en cuenta los criterios establecidos en el Reglamento EMAS, en el cual deben estar especificados todos los aspectos e impactos identificados y las acciones de mejora a implementar.

### **3.1.2. Fase 2. Caracterización del agua de condensación.**

En esta fase se expone el procedimiento para la determinación del caudal promedio en diferentes horas del día y las condiciones en las que se encuentra el agua de condensación de los aires acondicionados del bloque 7. Durante esta fase se busca hacer: Toma de muestras para la caracterización físico-químico y microbiológico en base a la NTC- ISO 5667 y toma de muestras para la determinación de caudal en base al instructivo para la toma de muestras de aguas residuales del IDEAM.

### ***3.1.2.1. Toma de muestras.***

Para el desarrollo de esta actividad se realizó una inspección visual en el bloque 7 a los puntos de desagüe de los aires acondicionados con la intención de modificarlos para que facilitara la toma de muestras. En esta fase se procedió a implementar un sistema de recolección en tubos en PVC ya que se observó más de 5 puntos de descarga y se vio la necesidad de disminuirlos a tres, Imagen 1. Una vez organizados los puntos de recolección se inició el muestreo tomando el mayor número de muestras posibles con una duración de una hora cada muestra varias veces al día. La toma de muestras se dividió en dos tipos: toma de muestras para la caracterización del agua de condensación y toma de muestras para la determinación de caudales

### ***3.1.2.2. Caracterización del agua de condensación.***

Con el fin de demostrar que las características del agua de condensación de los aires acondicionados cumplen con las condiciones mínimas requeridas por la normatividad colombiana (resolución 1207 del 2014), se realizó un muestreo para caracterización físico-químico y microbiológica, en el que se tomó una muestra de 1000 ml de agua de condensación en un frasco de vidrio debidamente esterilizado y aforado, este se realizó una vez por día, con tres réplicas cada muestra para obtener mejor confiabilidad en los resultados.

La determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se llevó a cabo bajo los procedimientos del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition, y las normas técnicas colombianas (NTC ), para ellos se realizó lectura previa de cada uno de los métodos y se complementa con los ajustes que se encontraron en la NTC y el DEAM.

A Continuación, se relacionan los parámetros y los métodos de determinación, también se relación los materiales y equipos utilizados en la caracterización.

Tabla 2

Parámetros y técnica de análisis

Parámetro	Técnica Analítica	Equipo
pH	Potenciómetro	Multiparámetro YSI 556MPS
Conductividad	Electrométrico	Multiparámetro YSI 556MPS
Nitratos	Espectrofotometría	Fotómetro YSI9300
Sulfatos	Espectrofotometría	Fotómetro YSI9300
Nitratos	Espectrofotometría	Fotómetro YSI9300
Fosfatos	Espectrofotometría	Fotómetro YSI9300
Alcalinidad	2320B volumétrico	-----
Acidez	2310B volumétrico	-----
Dureza	2340C Volumétrico	-----
Cloruros	4500 Cl <sup>-</sup> B Volumétrico	-----
Temperatura	-----	Termómetro de mercurio
Color	Colorimetría	Colorímetro
Salinidad	-----	Multiparámetro YSI 556MPS

Fuente: Autores

### 3.1.2.3. Toma de muestra para determinación de caudales.

Una vez inspeccionado el sitio donde se realizará el muestreo se determinó el método para recolección de las muestras y aforo, el cual depende del vertimiento, para este caso es tubería por lo que se realizó por el método volumétrico mediante balde o caneca. El muestreo se realizó del 13 al 21 junio del 2018, en diferentes horas del día a partir de las 7 am a 5 pm, con duración de 1 hora cada muestra, en promedio diariamente se lograba recoger hasta 6 muestras, lo anterior por disponibilidad del laboratorio. Para la recolección de las muestras se utilizó tres

pimpinas de 25 litros cada una, debidamente aforadas y esterilizadas, que fueron ubicadas en cada uno de los puntos de desagüe procediendo a tomar el tiempo inmediatamente se ubica la pimpina.

El método volumétrico se aplica para tubería o canal abierto, cuando el vertimiento presenta una caída de agua en la cual se pueda interponer un recipiente; se requiere un cronómetro y un recipiente aforado (balde de 10 o 20 litros con graduaciones de 1 L, o caneca de 55 galones con graduaciones de 1 a 5 galones). Se utiliza un balde para caudales bajos o una caneca cuando se deban manejar grandes caudales. El recipiente se purga dos o tres veces con porciones de aproximadamente 1 L (para el balde) o 10 L (para la caneca) del efluente, que se desechan. Luego se coloca el recipiente bajo la descarga de tal manera que reciba todo el flujo; de manera simultánea se activa el cronómetro. Se debe tener un especial cuidado en el momento de la toma de muestra y la medición del tiempo, ya que es un proceso simultáneo donde el tiempo comienza a tomarse en el preciso instante que el recipiente se introduce a la descarga y se detiene en el momento en que se retira de ella. (IDEAM s,f)

#### ***3.1.2.4. Distribución de caudales diarios.***

Una vez realizado el muestreo para la obtención de volúmenes llevado a cabo durante los días del 13 al 21 de junio del 2018, con una intensidad promedio de monitoreo comprendida entre 4 a 6 horas diarias, se procedió a calcular el caudal diario, lo anterior en base al método volumétrico propuesto en la Guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas del IDEAM.

El caudal se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$Q = \frac{V}{t} \quad \text{Ec. 4.1}$$

Dónde:

Q = Caudal.

V= volumen

t= tiempo.

### **3.1.3. Fase 3. Implementación de herramientas de producción más limpia.**

Esta fase corresponde a la implementación de un ecobalance y costos de ineficiencia, la cual ayudará a valorar la propuesta mediante un análisis costo-beneficio.

#### ***3.1.3.1. Ecobalance.***

Para llevar a cabo el desarrollo de esta herramienta, primeramente se hace una descripción de los procesos de aseo y riego del bloque 7 de la Universidad de la Costa y mediante una tabla se cuantifica el agua requerida en el uso de estas actividades, las cuales estarán proyectadas en m<sup>3</sup>/mes; adicionalmente, se determinan las entradas y salidas del proceso, que para este caso, las entradas indican los insumos o materiales necesarios para realizar el aseo y riego en el bloque 7 y las salidas indican el residuo generado por estas actividades. Por último, se elabora un ecobalance el cual permite verificar si la cantidad de agua que generan los aires acondicionados del bloque son suficientes para abastecer las actividades de riego y aseo, demostrando la eficiencia de su reusó.

Bart van Hoof, 2008 y el Reglamento Europeo EMAS (Environmental Management and Audit) son las referencias utilizadas en el desarrollo metodológico de esta fase.



### ***3.1.3.2. Costos de Ineficiencia.***

Para el desarrollo de los costos de ineficiencia primeramente se relacionan en una tabla los consumos de agua en m<sup>3</sup> y el valor del consumo, debido a que los muestreos para la determinación de caudal fueron realizados para el mes de junio del 2018 la alternativa de reúso del agua condensada será valorada para este mes. Luego, se presenta la situación actual de la universidad sin la proyección en producción más limpia, donde se conoce el gasto mensual por el m<sup>3</sup> del consumo de agua; asimismo, se exponen la situación esperada con proyección en producción más limpia donde se dará a conocer el gasto y el ahorro que obtendrá la universidad si implementa la estrategia de reutilización del agua condensada; Finalmente, se relacionan los beneficios financieros proyectados a un año y los beneficios ambientales.

### **3.1.4. Fase 4. Diseño del sistema.**

A esta fase corresponde el diseño a manera conceptual del sistema de captación, almacenamiento y distribución para actividades de aseo y riego, mediante la elaboración de una ficha de manejo ambiental. Se incluye además el diseño del sistema, mediante la elaboración de un plano utilizando el software especializado AutoCAD. Por último, se elabora un listado de materiales y equipos requeridos en el diseño del sistema el cual da paso a una elaboración de los costos requeridos en materiales y mano de obra y de esta manera definir el presupuesto total a invertir en la propuesta de reutilización de agua condensada que generan los aires acondicionados del bloque 7. Para ello se siguen las siguientes actividades:

- ✓ Definición de objetivo, metas y acciones de manejo.
- ✓ Definición de los componentes de aplicación del sistema.
- ✓ Selección de los equipos, tuberías y accesorios.

- ✓ Elaboración del plano del montaje.
- ✓ Elaboración de listado de materiales y equipos.
- ✓ Elaboración de APU para determinar los costos y presupuestos del diseño.

## **Capítulo 4**

### **Resultados y análisis**

En este capítulo se expondrán los resultados sobre la revisión inicial ambiental de las condiciones hídricas actuales del bloque 7 de la CUC, asimismo la caracterización físico química y microbiológica del agua que generan los aires acondicionados del bloque. En esta fase además se expone el caudal que producen el conjunto de aires acondicionados en sus jornadas de trabajo diarias, mediante un ecobalance y un análisis de costos de ineficiencia se determinará la viabilidad de la propuesta. Finalmente, se realiza el diseño del sistema y se determina el capital a invertir en el proyecto. Esto se desarrolla mediante unas etapas que son:

#### **4.1. Revisión Inicial Ambiental**

Mediante la inspección realiza en campo y la información suministrada por el área de mantenimiento, se presenta la siguiente información.

#### 4.1.1. Descripción del Bloque 7.



Figura 7. Plano del bloque 7. Fuente. Autores

El bloque 7 se encuentra dentro de la instalaciones de la CUC y su ubicación precisa los  $10^{\circ}59'43.6''N$  y  $74^{\circ}47'26.1''W$ . Este bloque cuenta con 5 niveles los cuales cuentan con 16 aires acondicionados distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 3.

Información de los aires acondicionados del bloque 7.

Bloque	Piso	Dependencia	Equipo
7	5	OFICINA 75 SALA DE DOCENTES Eq1	CENTRAL 60000 BTU SEER 13 CARRIER R410A
7	4	OFICINAS 74 SALA DE DOCENTES Eq1	CENTRAL 60000 BTU SEER 13 CARRIER R410A
7	4	OFICINAS 74 SALA DE DOCENTES Eq2	CENTRAL 36000 BTU SEER 13 CARRIER R410A
7	2	OFICINAS 72 SALA DE DOCENTES Eq 1	CENTRAL 60000 BTU SEER 13 CARRIER R410A
7	2	OFICINAS 72 SALA DE DOCENTES Eq 2	CENTRAL 36000 BTU SEER 13 CARRIER R410A
7	3	OFICINAS 73 SALA DE DOCENTES Eq1	CENTRAL 60000 BTU SEER 13 CARRIER R410A
7	3	OFICINAS 73 SALA DE DOCENTES Eq2	CENTRAL 36000 13 SEER CARRIER

7	1	CITA UCA Eq 3	MINI SPLIT INVERTER 24000 BTU SEER 16 CARRIER R410A
7	1	CITA TECNOLOGIA AMBIENTAL Eq 5	MINI SPLIT INVERTER 36000 BTU SEER 16 CIAC R410A
7	1	CITA UCA Eq 2	MINI SPLIT 9000 BTU SEER 13 CIAC R22
7	1	CITA TECNOLOGIA AMBIENTAL Eq 4	MINI SPLIT INVERTER 12000 BTU SEER 16 CARRIER R410A
7	1	CUARTO DE BALANZAS LAB DE CITAS	MINI SPLIT INVERTER 9000 BTU SEER 16 CIAC R410A
7	1	CITA UCA EN AZOTEA Eq 1	CENTRAL 60000 BTU SEER 10 STAR LIGHT R22
7	1	CITA UCA Eq 6	MINI SPLIT INVERTER 36000 BTU SEER 16 CIAC R410A
7	5	OFICINAS 75 SALA DE DOCENTES Eq2	CENTRAL 36000 BTU SEER 13 CARRIER R410A
7	1	LABORATORIO AMBIENTAL	MINI SPLIT INVERTER 36000 BTU SEER 16 CIAC R410A

Fuente: Autores

El funcionamiento de los aires acondicionados del bloque está relacionado con los horarios laborales, los cuales inicia a partir de las 6:30 de la mañana hasta las 9:30 de la noche de lunes a viernes y el mantenimiento a estos artefactos se realiza cada mes.

#### 4.1.2. Entrevistas.

La primera entrevista fue dirigida a la encargada de realizar el aseo al bloque 7, la señora Darlis Maria Camargo Arias, quien proporcionó la información de la cantidad de agua que se gasta en el aseo del bloque 7, la segunda persona entrevistada fue el señor Erik Suárez, encargado de regar los jardines de la universidad, el cual proporcionó la información de la cantidad de agua que

se gasta al regar los jardines y el mantenimiento que se les realiza a los mismos. La tercera entrevista fue dirigida a un operador de mantenimiento el señor Alexis Mesa, quien facilitó la información del mantenimiento de los aires acondicionados y el horario de funcionamiento de estos.

#### **4.1.3. Condiciones Hídricas del Bloque 7.**

Gracias a la información suministrada por el departamento de calidad y desarrollo de la CUC y las entrevistas realizadas, se conoce la oferta hídrica de la institución la cual hace referencia a la cantidad de agua en metros cúbicos que un prestador de servicios otorga a un establecimiento, en este caso es Triple A S.A. E.S.P.

La universidad de la Costa cuenta con un programa de ahorro y uso eficiente del agua aprobado el 2 de septiembre del 2018, cuenta con concesión de agua subterránea contenida en la Resolución 2326 del 2013, la cual se renueva cada 3 años para un consumo máximo de 3360 m<sup>3</sup>/mes y sus costos se relacionan a una PUEAA por valor de 1.589.500, una Gaceta de 343.875 y 2.879.428 de seguimiento y control.

La demanda de agua en el bloque 7 está determinado por el consumo de agua suficiente para realizar el aseo al bloque, regar los jardines y abastecer los laboratorios. Mediante las entrevistas realizadas se consiguió un dato estimado del consumo de agua en las actividades de riego y aseo que son provenientes del agua de pozo. Para realizar el aseo del bloque 7 se gastan 10 L de agua al día aproximadamente de lunes a viernes y el día sábado 5 L que son utilizados en el aseo de los laboratorios, para la actividad de riego en los jardines del bloque 7 se gasta hasta 300 L/d, esta actividad se realiza dos o tres veces cada semana.

#### 4.1.4. Aspectos e impactos ambientales identificados.

Los aspectos e impactos ambientales identificados con referente al recurso hídrico del bloque 7 mediante las inspecciones realizadas y la información suministrada del personal pertinente se encuentran relacionados en la siguiente tabla:

Tabla 4.

Aspectos e Impactos ambientales.

ACTIVIDAD	ASPECTO	IMPACTO
Condensación de los Aires acondicionados.	Generación de Agua.	Desperdicio de agua. Aguas Estancadas.
Aseo	Consumo de Agua	Disminución de recurso hídrico subterráneo.
Riego	Consumo de agua	Disminución de recurso hídrico subterráneo

Fuente: Autores.

El objetivo de identificar los aspectos e impactos ambientales es establecer un registro de los aspectos significativos que permitan medidas de control y así disminuir los impactos generados (EMAS, 2013).

De acuerdo a lo anterior se establecen acciones de mejora para la generación de agua proveniente de los aires acondicionados, como primera medida es necesario caracterizarla para determinar su reutilización y de esta manera sea aprovechada por medio de su recolección en actividades como riego y aseo; asimismo, disminuir el consumo de agua subterránea.

#### 4.2. Caracterización físico química y microbiológica

Para tener conocimiento del estado inicial del agua producida por la fuente de abastecimiento se realizaron los muestreos respectivos, los cuales fueron llevados al laboratorio

para realizar las prácticas sobre los parámetros físicos y químicos del agua, tanto los cualitativos como los cuantitativos. Dentro de estos se pudo apreciar: Acidez, Alcalinidad, Conductividad, Cloruros, dureza, pH, salinidad, temperatura, Nitratos, Nitritos, Fosfatos, Sulfatos y coliformes totales.

Tabla 5.

Valores de los parámetros físico químicos y microbiológicos

PARÁMETRO	UNIDADES	PROMEDIO	VALOR LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE RESOLUCIÓN 2115	VALOR LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE DECRETO 1207 DEL 2014
pH	Unidades de pH	8,33	6.5-9.0	6,0 - 9,0
Alcalinidad	mg/L CaCO <sub>3</sub>	33,33	200	
Acidez	mg/L CaCO <sub>3</sub>	7,78		
Dureza total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	25,33	300	
Cloruros	mg/L CaCO <sub>3</sub>	4,775	250	300
Temperatura	mg/L CaCO <sub>3</sub>	23,258		
Salinidad	ppm	0,02		
Conductividad	µsiemens/cm)	0,045	1000	1,5
Nitratos	NO <sub>3</sub> (mg/l)	0,494	10	5
Nitritos	NO <sub>2</sub> (mg/l)	0,299	0.1	
Fosfatos	PO <sub>4</sub> (mg/l)	0,35	0.5	
Sulfatos	SO <sub>4</sub>	0,867	250	500
Coliformes Totales	(NMP/100ml)	0	0	1

Fuente: Autores.

El registro del pH en las aguas puede ser de tipo natural o artificial, puede variar entre 4.5 y 8.5 (Zamora1,2008), es uno de los parámetros más importantes a la hora de definir el uso del agua. Partiendo de la investigación Potencial de uso del agua proveniente de los sistemas de aires acondicionados en el Caribe Seco Colombiano realizada por Aguirre, Piraneque y Rozo (2018), en la cual los valores obtenidos oscilan entre 6.5 y 7.2, rango neutro según los investigadores, encontrándose sin restricciones para su uso; para nuestro caso los valores de las muestras

recolectadas oscilan en un rango de 7.99 a 8.77, con un valor medio de 8.33, lo que indica que el agua de condensación de los aires acondicionados del bloque siete es básica y se encuentra dentro de los valores límites permisibles por la Resolución 1207 del 2014 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas tratadas para riego, el rango es de 6.0-9.0, además también está en los valores aceptables por la Resolución 2115 del 2007 (6.0-9.0), los cuales no presenta ningún riesgo para la salud.

Por otro lado, la alcalinidad, la cual expresa la capacidad que tiene un agua de mantener su pH a pesar de recibir soluciones sólidas ácidas o alcalinas, esta corresponde principalmente al contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos. (Pérez, 2019). El rango de alcalinidad en aguas para riego no se encuentra contemplado en la normatividad vigente Colombia, más sin embargo es importante tener en consideración este parámetro a la hora de emplear el agua para estos fines, puesto que disminuye la solubilidad de nutrientes, afectando directamente el crecimiento de las plantas (Gómez 2013). El resultado de nuestra investigación fue satisfactorio, ya que el valor de alcalinidad obtenido fue de 33.33 mg/L, lo cual se encuentra dentro de los límites establecidos en la resolución 2115 del 2007 (200mg/L)

Cuando se habla de dureza se refiere a la representación de la concentración de cationes metálicos multivalentes presentes en ella. La dureza más común es la de calcio y magnesio, razón por la cual se toma en consideración para determinar esta característica en el laboratorio; cuando se encuentra en cantidades importantes se dice que el agua es dura, lo que significa que contiene sales incrustantes, dificulta la cocción e impide la formación de espuma del jabón, el rango para las aguas duras va desde 150 a 300mg/L. Cuando los valores de dureza son inferiores



a 100 mg/L se dice que el agua es blanda, por lo que la capacidad amortiguadora es reducida y puede resultar más corrosiva para las tuberías, lo que facilita la presencia de metales como el cobre, el zinc, plomo y cadmio en el agua. (Pérez, 2016). En el análisis los resultados obtenidos oscilaron entre 21.39 y 25.36mg/L de  $\text{CaCO}_3$ , tomando como valor medio 25.33mg/L de  $\text{CaCO}_3$ , evidenciando que el agua de condensación de los aires acondicionados es blanda y se encuentra dentro de los valores permisibles por la resolución 2115 del 2017, para la cual el máximo valor es de 300 mg/L. En comparación con el estudio realizado por Aguirre et al, 2018 los resultados son positivos, puesto que se afirma que el agua generada por los aires acondicionados es favorable en el contexto de estudio.

Una medida indirecta de la cantidad de iones en la solución (cloruro, sulfato, fosfato, sodio, magnesio y calcio) es la conductividad, entendida como la capacidad de conducir la corriente eléctrica y que se encuentra relacionada con la dureza. evidenciando que las concentraciones de sales son mínimas, aspecto característico del proceso de condensación, aspecto favorable para las condiciones de la zona tal como lo define Aguirre et al., 2018.

Los contenidos de nitratos y nitritos fueron mínimos, en un rango de 0.494 y 0.299 respectivamente, por lo que no representan riesgos para la salud humana, por lo que son aguas de contacto y no de consumo, según lo establecido en la normatividad vigente (10 para nitratos y 0.1 para nitritos) y en aguas utilizadas en el riego el valor máximo permisible es de 5mg/L. Por otra parte, los niveles de nitratos y nitritos en aguas naturales son un indicador importante de la calidad del agua. Los nitritos también se forman durante la biodegradación de nitratos, nitrógeno amoniacal u otros compuestos orgánicos nitrogenados y se utiliza como indicador de contaminación fecal en aguas naturales (Erika Cabrera, 2003).

Aunque el agua estudiada no es de origen natural, ya que es resultado del proceso de condensación de los aires acondicionados, los resultados son satisfactorios y presentan correlación, tal como sucede en este caso donde los niveles de nitritos son de 0,299mg/l lo que indica ausencia de microorganismos como los coliformes totales, cuyo resultado en el monitoreo fue de cero UFC; lo anterior se debe además al mantenimiento adecuado que reciben los aires acondicionados de la universidad, los cuales son realizados en periodos no mayores a dos meses, información suministrada por el personal de mantenimiento: por lo que es importante el mantenimiento y control a los aires acondicionados, ya que estos impiden el crecimiento de microbios y controlan la corrosión del agua (Guz, 2005), resultado satisfactorio en comparación con los obtenidos por Aguirre et al, 2018, en el estudio denominado Potencial de Uso del aprovechamiento de los sistemas de aire acondicionado en el caribe seco colombiano, para el cual se encontró presencia de coliformes fecales totales, y se relacionó con el mantenimiento de los aires acondicionados.

En el monitoreo realizado a las aguas de condensación de los aires acondicionados del bloque 7 permitieron determinar que el agua es apta para riego, pues los valores de cada uno de los parámetros analizados se encuentran dentro de los límites permisibles por la resolución 1207 del 2014 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas tratadas para riego.

Los resultados obtenidos permiten verificar que el agua proveniente de los aires acondicionados se convierte en una alternativa que puede ser adoptada por la sociedad con mínimos esfuerzos ambientales y económicos, además, se puede reutilizar agua para uso

agrícola. En este contexto, la gestión del agua en las ciudades se vuelve un aspecto crucial ya que su uso actual está lejos de ser sostenible (Aguirre et al. 2018).

### 4.3. Determinación de Caudal

Se calculó el caudal de agua generada en litros/hora en base al método volumétrico. Los resultados fueron los siguientes:

Tabla 6.

Caudal promedio obtenido en el monitoreo.

Fecha	Tiempo (h)	Volumen (L)	Caudal (L/h)
13/06/18	5	90,913	18,183
14/06/18	5	84,873	16,975
15/06/18	6	95,2	15,867
16/06/18	1	25,939	25,939
18/06/18	4	109,865	27,466
19/06/18	4	82,099	20,525
20/06/18	6	116,912	19,485
21/06/18	5	113,58	22,716

Fuente: Autores.

El agua generada por las 14 unidades de aire acondicionado monitoreadas, se encuentra en el rango entre 15.867L/h -27.4661L/h, lo cual suple la demanda de las actividades destinadas para su reutilización que es de 4L día. Ver tabla de consumo. Estos valores son muy similares comparados con los resultados obtenidos en la investigación Strategy Development for Condensate Water Recovery from Air Conditioning in Palestine donde las aguas de condensado generada por 21 unidades de aires acondicionados calculadas en 15.1 horas de trabajo oscilaron de 15.40 a 43.34 L/día, además relacionan estos valores con la capacidad del aire acondicionado.

Considerando lo anterior y que los aires acondicionados de la universidad de la Costa funcionan 15 horas por día (de 6 am a 9 pm), 5 días a la semana, se proyecta la oferta de agua condensada en m<sup>3</sup> / mes como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 7

Proyecciones de caudal

<b>Fecha</b>	<b>Caudal (L/h)</b>	<b>Proyección (L/día)</b>	<b>Proyección (L/mes)</b>	<b>Proyección (m<sup>3</sup>/mes)</b>
13/06/18	18,183	272,739	5454,78	5,455
14/06/18	16,975	254,619	5092,38	5,092
15/06/18	15,867	238	4760	4,76
16/06/18	25,939	389,085	7781,7	7,782
18/06/18	27,466	411,994	8239,875	8,24
19/06/18	20,525	307,871	6157,425	6,157
20/06/18	19,485	292,28	5845,6	5,846
21/06/18	22,716	340,74	6814,8	6,815
<b>PROMEDIO</b>	<b>20,894</b>	<b>313,416</b>	<b>6268,32</b>	<b>6,268</b>

Fuente: Autores.

Se realizó una proyección con los valores obtenidos del monitoreo de caudal, los cuales coinciden con los con Aguirre et al, (2018) quienes identificaron el agua generada por 95 unidades de aire acondicionado durante 10 horas de trabajo, con un promedio de 2052 L/día, lo que para nuestro caso 14 unidades de aire acondicionados de diferente capacidad como se muestra en la clasificación de la tabla 3 generaron entre 238 a 411.99 L/día.

La cantidad de agua generada por estas unidades al mes estuvo entre los valores de 4.760m<sup>3</sup>/mes a 8.240 m<sup>3</sup>/mes, en general el promedio estimado de agua fue de 6.268m<sup>3</sup>/mes, esto sirvió para estimar la oferta de agua en usos como aseo y riego de jardines del bloque. Por otro lado, un estudio realizado por Magrini et al. (2017), denominado producción de agua a partir

de un sistema de aire acondicionado, logró demostrar que la reutilización de los aires acondicionados en un hotel de la ciudad de Abu Dhabi, el sistema lograba una producción de agua de 70.3 m<sup>3</sup>/día, cubriendo un 47% de los requisitos nominales, el cual consistía en satisfacer las necesidades de las habitaciones, riego de jardines y suministro a piscinas.

En la tabla 6 se evidencia variación en los valores de caudal obtenidos, por lo que la literatura sugiere que la producción de agua en los aires acondicionados está relacionada con las variables meteorológicas como temperatura y humedad, además del tipo de aire y la capacidad de este (Magrini et al, 2017).

#### **4.4. Ecobalance**

##### **4.4.1. Descripción de procesos.**

El ecobalance está enfocado a los procesos de aseo y riego realizados en el bloque 7 de la universidad de la costa, así de esta manera estimar si la cantidad de agua que producen los aires acondicionados del bloque 7 es suficiente para abastecer el consumo que demandan las actividades de riego y aseo.

Proceso de aseo: Esta actividad contempla transporte de agua en balde, barrida y trapeada a cada uno de los pisos, oficinas, escaleras y pasillos, también limpieza continua de los utensilios de aseo, como traperos y esponjas.

Proceso de Riego: Esta actividad contempla el riego de jardines por medio de una manguera con una duración aproximada de 4 minutos, además de poda y limpieza de las plantas.

En general el aseo y riego de jardines son las actividades que más consumo de agua demandan para el bloque 7.

La siguiente tabla representa los consumos de agua que se requieren para realizar las actividades de riego y aseo en el bloque 7, los cuales se encuentran proyectados al mes.

*Tabla 8*

Consumo de agua en actividades de aseo y riego

Actividad	Consumo semanal (L)	Consumo mes(L)	Consumo mes(m3)
Aseo	55	220	0,22
Riego	900	3600	3,6
Total	955	3820	4

*Fuente:* Autores.

#### **4.4.2. Determinación de entradas y salidas de los procesos de aseo y riego.**

Se determinan las entradas y salidas teniendo en cuenta los materiales necesarios para realizar el aseo y riego y los materiales resultantes de cada actividad.

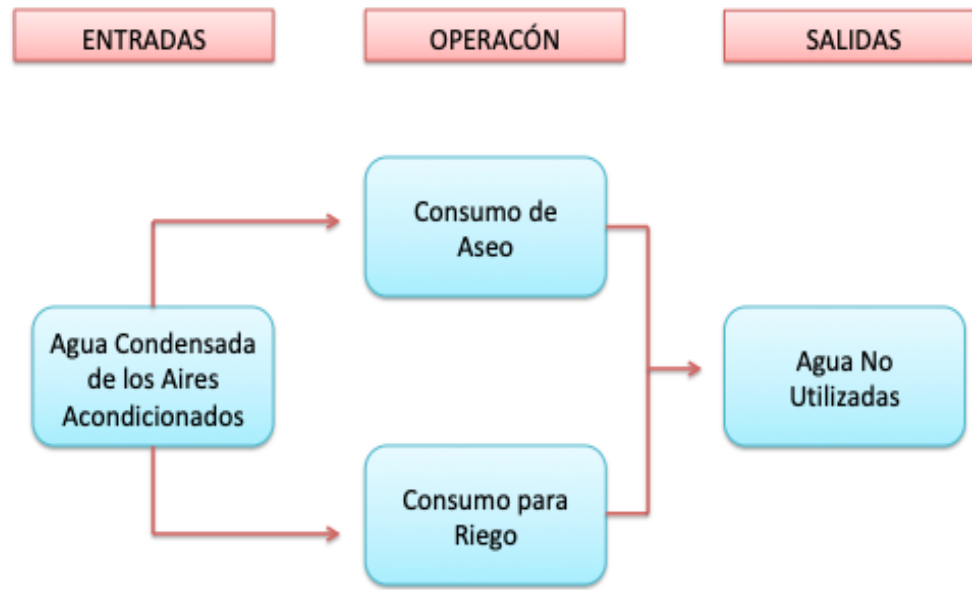


Figura 8. Entradas y Salidas de los Procesos de Aseo y Riego. Fuente: Autores 2019.

#### 4.4.3. Ecobalance.

El conjunto de aires acondicionados del bloque 7 de la Universidad de la Costa generan en promedio y mensualmente unos 6,268 m<sup>3</sup> de agua. Se estima que, para realizar aseo al bloque, se requieren de unos 0,22 m<sup>3</sup> de agua en un mes y para la actividad de riego se requieren de unos 3,6 m<sup>3</sup> de agua al mes. Se espera que con la reutilización del agua que generan los aires acondicionados para estas actividades disminuya el desperdicio de agua.

A continuación, se presenta el ecobalance:

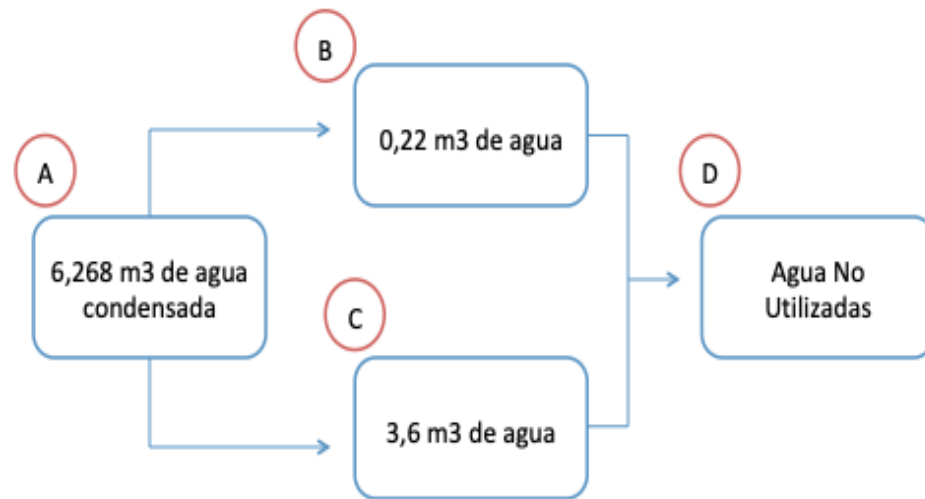


Figura 9. Esquema del ecobalance de los Procesos de Aseo y Riego. Fuente: Autores 2019.

En donde,

$$A = B + C + D$$

Se despeja D,

$$D = A - B - C$$

$$D = 6,268 \text{ m}^3 - 0,22 \text{ m}^3 - 3,6 \text{ m}^3$$

$$D = 2,448 \text{ m}^3$$

Se estima que para la reutilización del agua de los aires acondicionados para las actividades de riego y aseo en el bloque 7 solo se necesitan de 4 m<sup>3</sup> de agua al mes, comprobando así que la generación de agua condensada no solo es suficiente para suplir el gasto en el consumo de estas actividades, sino que el 2,448 m<sup>3</sup> restante puede ser utilizado para otras actividades, como lavado general de la estructura del bloque, reduciendo de esta manera el desperdicio del agua.



#### 4.5. Costos de ineficiencia

La tabla 9 presenta los consumos de agua de pozo en m<sup>3</sup>/mes para el año 2018 y el valor del m<sup>3</sup> de agua.

Tabla 9

Consumo mensual de agua de pozo en la Universidad de la Costa

AÑO	MES	CONSUMO POZO	VALOR DE m <sup>3</sup>
2018	ENERO	918	\$ 2.093,00
	FEBRERO	731	\$ 2.093,00
	MARZO	1301	\$ 2.093,00
	ABRIL	1388	\$ 2.093,00
	MAYO	1065	\$ 2.093,00
	JUNIO	1340	\$ 2.093,00
	JULIO	1187	\$ 2.093,00
	AGOSTO	1169	\$ 2.093,00
	SEPTIEMBRE	420	\$ 2.093,00
	OCTUBRE	1162	\$ 2.093,00
	NOVIEMBRE	331	\$ 2.093,00
	DICIEMBRE	938	\$ 2.093,00

Fuente: Autores.

Los costos de ineficiencia están relacionados con la generación de agua condensada en m<sup>3</sup>/mes proveniente de los aires acondicionados y que la universidad está desperdiciando.

Tomando como referencia los datos presentados en la tabla anterior sobre los gastos y consumo de agua en la universidad se calculan los costos de ineficiencia.

Considerando que el valor en m<sup>3</sup> de agua es de \$ 2.093,00 pesos y tomando en consideración el consumo m<sup>3</sup> de agua solo para el mes de junio del 2018, ya que para ese mes fueron realizados los muestreos, se calcula el costo total por consumo. Cabe resaltar que los datos de consumo de agua de pozo en m<sup>3</sup>/mes aplica para todas las instalaciones y bloques de la

institución y el ahorro sobre el consumo en m<sup>3</sup> solo son representados hacia la cantidad de agua condensada que se necesita para las actividades de riego y aseo del bloque 7.

Tabla 10

Relación del consumo de agua de pozo con los ahorros proyectados

<b>Situación Actual</b>		<b>Situación Esperada (Reutilizando el agua condensada)</b>		<b>Beneficios Esperados</b>	
Consumo de agua m <sup>3</sup> /mes	Costo total por Consumo	Consumo de agua m <sup>3</sup> /mes	Costo total por Consumo	Ahorro en el consumo de agua	Ahorro costos Totales por Consumo
1340	\$ 2.804.620	1203	\$ 2.517.879	137	\$ 286.741

Fuente: Autores.

Podemos observar que actualmente la Universidad gasta en promedio \$ 2.804.620 pesos en el m<sup>3</sup> de agua al mes. De implementarse la alternativa del reúso del agua condensada, la institución sólo incurriría en un costo de \$ 2.517.879 pesos y tendría un ahorro de \$ 286.741 pesos mensuales.

A continuación, se presentan los ahorros anuales que la Universidad obtendrá con la implantación de la propuesta de reutilización del agua condensada generada por los aires acondicionados.

Tabla 11

Costos de ineficiencia, proyección año

<b>Indicadores financieros</b>	
<b>Total Ingreso Anual</b>	\$ 33.655.440
<b>Total Egreso Anual</b>	\$ 30.214.548
<b>Total Ganancia Año</b>	\$ 3.440.892

Fuente: Autores.

Como se puede ver en la tabla 11, la Universidad obtendrá un beneficio financiero ya que anualmente se ahorrará 3.440.892 pesos en las facturas de agua; además, obtendrá beneficios ambientales, los cuales están relacionados en la disminución de vertimientos, Minimización del desperdicio de agua condensada generada por los aires acondicionados, Disminución del consumo de agua de pozo, Aporte al plan de ahorro y uso eficiente del agua de la CUC y al desarrollo sostenible.

#### **4.6. Diseño del sistema de captación, almacenamiento y reusó del agua condensada**

El diseño propuesto en este documento es presentado a través de una ficha de manejo ambiental (Anexo # 6). El contenido de la ficha incluye objetivos, metas, acciones e información del presupuesto total para la ejecución de este proyecto. Como primera medida se plantea una estrategia la cual consiste en un sistema para captación y almacenamiento del agua condensada que generan los aires acondicionados del bloque 7 de la CUC.

Los componentes de aplicación en el diseño del sistema son: Captación y recolección, Almacenamiento y distribución para actividades de aseo y riego. A continuación, se definen cada uno de ellos.

##### **4.6.1. Definición de los componentes del sistema.**

###### ***4.6.1.1. Captación y recolección.***

Para el proceso de captación y recolección del agua de condensación, el sistema parte de las tuberías de desagüe de los evaporadores de los aires acondicionados situadas en el patio de los laboratorios del bloque 7 de la CUC. En este sentido, se propone adicionar una tubería en

PVC con el objetivo de transportar el agua de condensación hasta un tanque de almacenamiento, el sistema de tuberías funcionara mediante gravedad, de tal manera que no haya necesidad de usar una bomba para su transporte. En la siguiente imagen se observa el actual sistema de red de tubería de PVC existente en el bloque por medio del cual fueron realizados los muestreos.



*Figura 10.* Sistema de red de tubería de PVC existente en el bloque 7 de la CUC. Fuente: Autres.

#### ***4.6.1.2. Almacenamiento.***

Para la conservación y abastecimiento del agua condensada por los aires acondicionados, la cual debe ser duradera, el recipiente donde se va almacenar debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Debe ser impermeable para evitar la pérdida de agua por filtración o por goteo.

- Debe tener tapa para impedir el ingreso de polvo, material granular e insectos.
- Debe tener un sistema de fácil lavado para que permita la limpieza y reparaciones necesarias.

Además, el tanque de almacenamiento debe contar con una válvula de flotador que permita su llenado, el cual impida el paso del agua cuando este alcance el nivel máximo. Adicionalmente debe tener una válvula de purga en la parte inferior del tanque para hacer su respectivo mantenimiento. Por lo cual, se propone utilizar un tanque de polietileno con volumen de (2.000L) suficiente para almacenar el agua que generan los aires acondicionados del bloque 7.

En la siguiente imagen se observa el tanque y la válvula propuestos en el sistema de almacenamiento.



Figura 11. Tanque de 2000L y válvula flotadora. Fuente: (Homecenter, 2019).

#### ***4.6.1.3. Distribución en actividades de aseo y riego.***

Para distribuir el agua condensada en el uso en las actividades de riego y aseo una vez almacenada, se propone colocar un grifo en la parte inferior del tanque el cual permita recolectarla. En la siguiente imagen se muestra el grifo a utilizar.



Figura 12. Grifo codo esfera manguera 1/2"x3/4" Arco. Fuente: (Tuandco, 2019).

#### 4.6.2. Diseño del sistema.

El diseño del sistema hace referencia a la selección de los equipos, tuberías y accesorios que se deben incluir para captar, almacenar y distribuir el agua, además incluye un plano del sistema, el cual se encuentra en la Figura 14.

El sistema consta de los siguientes elementos:

- **Tubería o sistema de desagüe:** Es la tubería que transportará el agua condensada desde los evaporadores hacia el tanque de almacenamiento, este sistema consta de tubos, codos, tee, reductores y tuberías a presión en PVC, la cantidad y diámetros de cada uno de estos están relacionados en la tabla 12.
- **Tanque de captación:** Corresponde al tanque de almacenamiento que recopila el agua proveniente de la condensación en los evaporadores, este sistema incluye un tanque en polietileno con volumen de 2000, un flotador con válvula de purga y un grifo que permite la distribución del agua condensada.

Tabla 12

Materiales a utilizar en la red de recolección y almacenamiento.

<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT</b>	<b>Valor Unid Pesos</b>
Tanque aéreo de 2000LT	1	\$ 507.000
Flotador con válvula de purga	1	\$ 26.000
Tubería presión de 1/5	60	\$ 2.500
Codo PVC ½	35	\$ 450
Pegante para PVC	5	\$ 9.000
Limpiador para PVC	3	\$ 6.500
Tee PVC 1	21	\$ 500
Tubería presión de 1	21	\$ 4.500
Codo PVC 1	3	\$ 1.300
Pegante para PVC	2	\$ 9.000
Limpiador para PVC	2	\$ 6.500
Reducción PVC de 1 -1/2	29	\$ 1.200
Tee PVC1	31	\$ 1.300

Fuente: Autores.

La red de recolección de agua o desagüe de los aires acondicionados se propone ubicarla en el parte de atrás del bloque, de manera que no se mejore la red de recolección que actualmente existe, por otro lado, el tanque de almacenamiento será ubicado en el fondo del patio del bloque 7, para que de esta manera facilite el proceso de captación del agua.

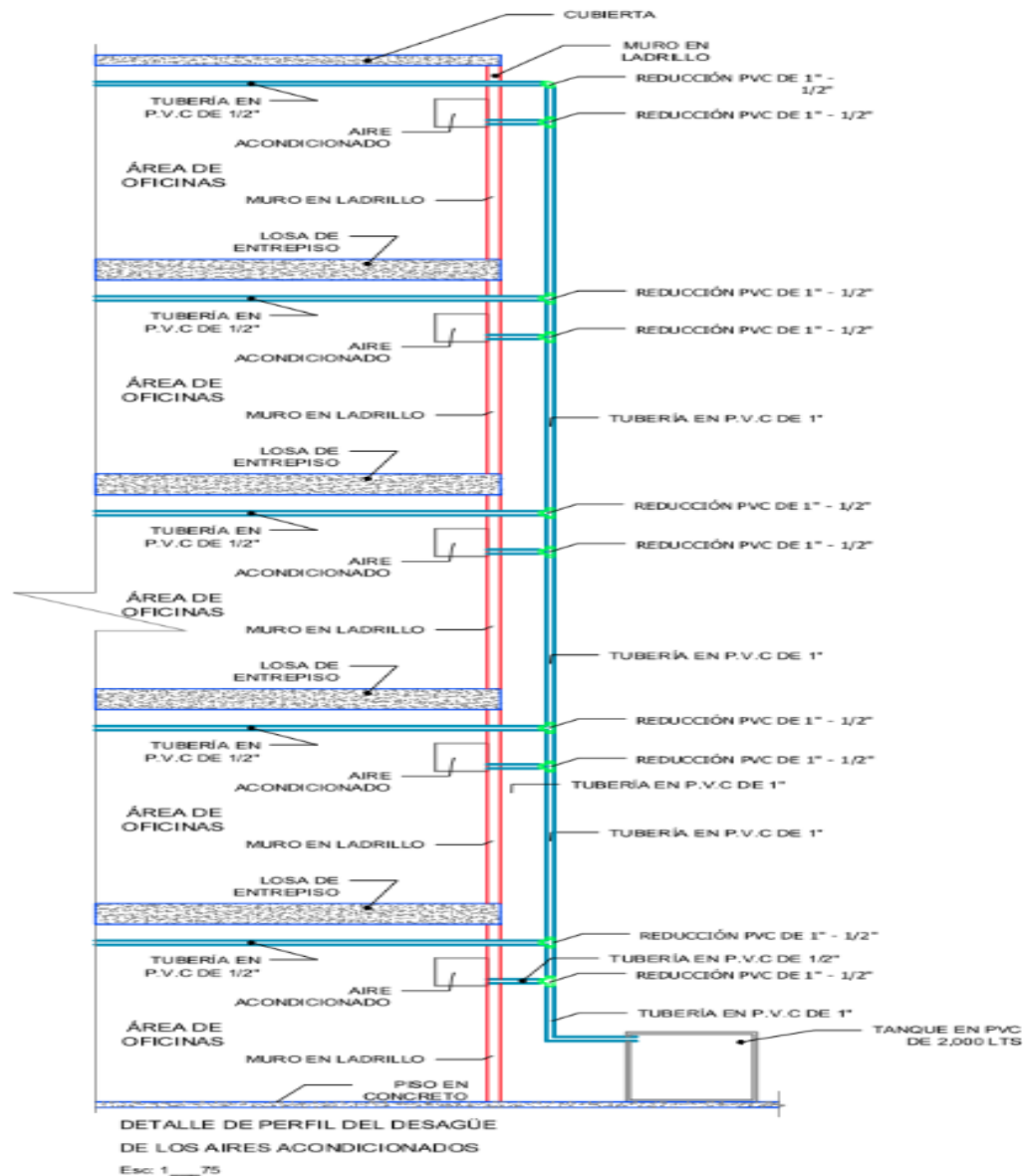


Figura 13. Propuesta preliminar de la vista del perfil del sistema propuesto. Fuente: Autores



#### 4.6.2. Costos y presupuestos del sistema.

Para determinar el capital a invertir en el proyecto, primeramente, se calculan los costos directos los cuales están relacionados a los materiales, equipos y mano de obra, y costos indirectos que tienen relación a gastos administrativos, imprevistos y utilidades.

Tabla 13

Presupuesto para la ejecución del sistema.

PROPUESTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUA DE CONDENSACIÓN DE LOS AIRES ACONDICIONADOS DEL BLOQUE 7 EN LA UNIVERSIDAD DE LA COSTA					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VR. UNITARIO \$ pesos	VR. TOTAL \$ pesos
INSTALACIONES HIDRAULICAS					
1	Tubería de desagüe Ø 1/2" PVC	ML	45,00	\$ 32.435,83	\$ 1.459.612
2	Tubería de desagüe Ø 1" PVC	ML	16,00	\$ 35.912,38	\$ 574.598
3	suministro e instalación de tanque en pvc de 2,000 lts	UND	1,00	\$ 608.095,00	\$ 608.095
4	Limpieza general de la obra	M²	1,00	\$ 10.200,00	\$ 10.200
SUB – TOTAL					\$ 2.652.505,13
TOTAL COSTOS DIRECTOS					\$ 2.652.505,13
COSTOS INDIRECTOS		Administración		25%	\$ 663.127,00
		Imprevistos		1%	\$ 26.526,00
		Utilidades		5%	\$ 132.626,00
PRESUPUESTO TOTAL DE LA OBRA					\$ 3.474.784,13

Fuente: Autores.

La Tabla anterior muestra el resultado del costo total del capital a invertir, en el cual es de \$ 3.474.784. Considerando que se demostró que la generación de agua de estos aires acondicionados suple las necesidades en las actividades que se desea reutilizar, es viable invertir en el sistema puesto que la proyección realizada en cuanto a las ganancias que obtendrá la Universidad al año son de \$ 3.440.892 lo que indica que la universidad recuperara el capital invertido en tan solo un año.

### **Conclusiones**

Una vez realizada la revisión inicial ambiental para determinar las condiciones hídricas del bloque 7 en la Universidad de la Costa, se logró recopilar la información pertinente de los usos y consumo de agua para las diferentes actividades, también fue posible identificar oportunidades, impactos y aspectos ambientales relacionados.

De los parámetros analizados se obtuvo que cumplen con los criterios establecidos en la normatividad Colombia, encontrando una relación directa entre los parámetros evaluados tales como los niveles de pH de 8.33 siendo este alcalino, que se relacionan con los bajos contenidos de sales presentes en el agua, siendo un resultado positivo en lo que respecta a la reutilización del agua para riego de los jardines y aseo. Además, la cantidad de agua generada por las unidades de aire acondicionado evaluadas demuestra que es un recurso sostenible ya que se obtuvo un promedio de hasta 27.466L/h de 14 unidades monitoreadas.

Por otra parte, mediante la elaboración del ecobalance, se comprobó que la generación de agua de condensación en el bloque 7 es suficiente para ser utilizada en las actividades de riego y

aseo del mismo; en el cual se gastan aproximadamente 4 m<sup>3</sup> diarios y mediante el balance hídrico se demostró que un 2,448 m<sup>3</sup> quedaría sobrando.

Finalmente, en los análisis de costos de ineficiencia, se demostró un ahorro para la Universidad de la Costa en el consumo de agua de 137 m<sup>3</sup>/mes lo que equivale a \$ 286.741 pesos, proyectando este valor a un año sería de \$ 3.440.892, siendo estos últimos representados como costos de ineficiencia.

Debido a que la estrategia propuesta en esta investigación es viable y solo se aplica a un bloque de la universidad, los valores resultantes del análisis son mínimos, en cambio, sí se aplicará a todas las instalaciones y bloques de la universidad, los ahorros en cuanto al consumo del agua aumentan considerablemente, en la minimización del desperdicio de agua y a la disminución del consumo de agua de pozo, además de los beneficios financieros y ambientales.

### **Recomendaciones**

Con el fin de ampliar el alcance de la presente investigación, es importante establecer condiciones que permitan profundizar el comportamiento de los aires en la generación de agua de condensación, se recomienda evaluar los parámetros meteorológicos durante los tiempos de estudio para identificar los periodos de mayor generación de agua de condensación.

Además, se sugiere realizar análisis de metales pesados, con el fin de obtener un informe más completo de la calidad del agua, descartar la presencia de estos y las afectaciones en la salud.

Por otro lado, se recomienda implementar un sistema de recolección, tratamiento y distribución de las aguas de condensación de los aires acondicionados en todos los bloques de la universidad, que faciliten el monitoreo y evaluación a una escala mayor, evitar fugas y deterioro de las estructuras de la universidad, además de identificar otros usos potenciales en el ahorro y uso eficiente del agua.

Se espera que este proyecto sea el punto de partida para futuras investigaciones, que permitan el desarrollo sostenible de la universidad y la disminución o eliminación del consumo de agua de pozo.

### **Referencias**

A, C. R. (12 de 05 de 2004). Importancia de la Producción más limpia en IPS. Capítulo 1.

Recuperado el 28 de 03 de 2019, de drive.google:

[https://drive.google.com/drive/folders/1c5Qj6Wq0xRIY8Inke3dWUSmC5G\\_CdJhU](https://drive.google.com/drive/folders/1c5Qj6Wq0xRIY8Inke3dWUSmC5G_CdJhU)

AJ avance jurídico. (s.f). Ley 9 del 1979. Recuperado de: <http://www.secretariasenado.gov.co>

Alliance for water efficiency. (2018, 05 22). Promoting the Efficient and Sustainable Use of Water. Retrieved from

[http://www.allianceforwaterefficiency.org/Condensate\\_Water\\_Introduction.aspx](http://www.allianceforwaterefficiency.org/Condensate_Water_Introduction.aspx)

Alliance for water efficiency. (2018, 05 22). Promoting the Efficient and Sustainable Use of Water. Retrieved from

[http://www.allianceforwaterefficiency.org/Condensate\\_Water\\_Introduction.aspx](http://www.allianceforwaterefficiency.org/Condensate_Water_Introduction.aspx)

Alcaldía mayor de Bogotá. (s.f). Decreto único reglamentario 1076 de 2015 Nivel Nacional.

Recuperado de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co>

Alcaldía mayor de Bogotá. (s.f). Ley 373 de 1997 Nivel Nacional. Recuperado de:

<http://www.alcaldiabogota.gov.co>

Alcaldía mayor de Bogotá. (s.f). Decreto único reglamentario 3930 DE 2010 Nivel Nacional.

Recuperado de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co>

Alcaldía mayor de Bogotá. (s.f). Resolución 2115 DE 2007 Nivel Nacional. Recuperado de:

<http://www.alcaldiabogota.gov.co>

Algarni, S., Saleel, C. A., & Mujeebu, M. A. (2018). Air-conditioning condensate recovery and applications—Current developments and challenges ahead. *Sustainable Cities and Society*, 37(December 2017), 263–274. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.11.032>

Ambiente, M. d. (2002). *Guía de ahorro y uso eficiente del agua*. Colombia.

Anna Magrini, L. C. (27 de 07 de 2017). [www.researchgate.net](http://www.researchgate.net). Recuperado el 22 de 04 de 2019, de [www.researchgate.net](http://www.researchgate.net):

[https://www.researchgate.net/publication/318739595\\_Water\\_Production\\_from\\_Air\\_Conditioning\\_Systems\\_Some\\_Evaluations\\_about\\_a\\_Sustainable\\_Use\\_of\\_Resources](https://www.researchgate.net/publication/318739595_Water_Production_from_Air_Conditioning_Systems_Some_Evaluations_about_a_Sustainable_Use_of_Resources)

Bart van Hoof, N. M. (2008). *Producción más limpia paradigma de gestión ambiental* (Vol. 1). Mexico: Alfaomega Colombiana S.A.

De Gois, E. H. B., Rios, C. A. S., & Costanzi, R. N. (2015). Evaluation of water conservation and reuse: A case study of a shopping mall in southern Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 96, 263–271. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.097>

Desarrollo, D. d. (14 de 06 de 1992). Declaratoria de Rio. Recuperado el 3 de 04 de 2019, de

Unesco: [http://www.unesco.org/education/pdf/RIO\\_S.PDF](http://www.unesco.org/education/pdf/RIO_S.PDF)

EMAS, R. E. (25 de 11 de 2009). ec.europa.eu. Obtenido de European Commission: [https://eur-](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R1221&from=EN)

[lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R1221&from=EN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R1221&from=EN)

EMAS, R. (07 de 2013). observatoriorsc.org. Recuperado el 6 de 06 de 2019, de observatoriorsc:

[https://observatoriorsc.org/wp-content/uploads/2013/07/reglamento\\_EMAS.pdf](https://observatoriorsc.org/wp-content/uploads/2013/07/reglamento_EMAS.pdf)

Erika Cabrera, L. H. (17 de 02 de 2003). www.scielo.org.mx. Recuperado el 20 de 06 de 2019,

de scielo: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0583-](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0583-76932003000100014)

[76932003000100014](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0583-76932003000100014)

E.S.P., T. A. (03 de 04 de 2009). aaa. Recuperado el 06 de 04 de 2019, de aaa:

<http://www.aaa.com.co/servicios/>

Giovanini, K. (24 de 01 de 2019). www.expoknews.com. Recuperado el 03 de 06 de 2019, de

expoknews: <https://www.expoknews.com/el-estado-del-agua-en-2019/>

Guz, K. (2005). Condensate water recovery. American Society of Heating, Refrigerating and Air

Conditioning Engineers.

Gómez, L. P. (01 de 12 de 2013). repositorio.uaaen. Recuperado el 11 de 07 de 2019, de

repositorio.uaaen:

<http://repositorio.uaaen.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7072/G%C3%93MEZ%20P%C3%89REZ.%20LUCINA%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

[EZ%20P%C3%89REZ.%20LUCINA%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uaaen.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7072/G%C3%93MEZ%20P%C3%89REZ.%20LUCINA%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Glawe, D. (2013). San Antonio Condensate Collection and Use Manual for Commercial

Buildings. San Antonio Water System.

Habeebullah, B. A. (2009). Potential use of evaporator coils for water extraction in hot and humid areas. *Desalination*, 237(1–3), 330–345.

<https://doi.org/10.1016/j.desal.2008.01.025>

Homecenter. (2019). [www.homecenter.com.co](http://www.homecenter.com.co). Recuperado el 20 de 08 de 2019, de

[www.homecenter.com.co](http://www.homecenter.com.co): <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/search/?Ntt=acuaviva>

Industrial, O. d. (1 de 06 de 2008). ONUDI Manual de producción más limpia. Recuperado el 28

de 03 de 2019, de Unido: [https://www.unido.org/sites/default/files/2008-06/1-Textbook\\_0.pdf](https://www.unido.org/sites/default/files/2008-06/1-Textbook_0.pdf)

Licina, D., & Sekhar, C. (2012). Energy and water conservation from air handling unit

condensate in hot and humid climates. *Energy and Buildings*, 45, 257–263.

<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.11.016>

Liu, N., & Li, Z. (2017). The Feasibility on the Case that the Air Conditioning Condensate Water

is used as the Make-up Water of Cooling Tower. *Procedia Engineering*, 205, 3557–3562.

<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.200>

Ministerio del Medio Ambiente. (1997). Política Nacional de Producción más Limpia. Obtenido

de [https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemas/pdf/Normativa/Políticas/polit\\_produccion\\_mas\\_limpia.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemas/pdf/Normativa/Políticas/polit_produccion_mas_limpia.pdf)

Mireya González, E. R.-R. (05 de 10 de 2007). [www.redalyc.org](http://www.redalyc.org). Recuperado el 16 de 07 de

2019, de [www.redalyc.org](http://www.redalyc.org): <https://www.redalyc.org/pdf/482/48222204.pdf>

Naciones Unidas. (s.f.). [www.un.org](http://www.un.org). Recuperado el 22 de 07 de 2019, de [www.un.org](http://www.un.org):

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>

Negocio Tecnológico. (24 de 10 de 2011). Negocio Tecnológico. Recuperado el 28 de 03 de

2019, de Negocio Tecnológico: <http://www.negociotecnologico.com/2011/10/reciclado-de-agua-de-aire-acondicionado/>

NoticiasRCN. (30 de 07 de 2019). [noticias.canalrcn.com](http://noticias.canalrcn.com). Recuperado el 25 de 08 de 2019, de

[noticias.canalrcn.com](http://noticias.canalrcn.com): <https://noticias.canalrcn.com/nacional-pais/acusan-ricardo-carvajal-complice-del-atentado-escuela-general-santander>

ONU-UNESCO. (2019). [www.unesco.org/open-access/termsuse-ccbysa-en](http://www.unesco.org/open-access/termsuse-ccbysa-en). Recuperado el 15 de

06 de 2019, de acnur: <https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf>

Palou, N. (2019, 03 2019). [www.lavanguardia.com](http://www.lavanguardia.com). Retrieved 06 15, 2019, from

[www.lavanguardia.com](http://www.lavanguardia.com):

<https://www.lavanguardia.com/natural/20190322/461164578761/dia-mundial-agua-2019-cifras.html>

Pérez, E. L. (03 de 03 de 2016). [www.scielo.sa.cr](http://www.scielo.sa.cr). Recuperado el 22 de 06 de 2019, de scielo:

<https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v29n3/0379-3982-tem-29-03-00003.pdf>

PUENTE, J. L. (10 de 2006). cedoc. Recuperado el 15 de 05 de 2019, de cedoc:

[https://cedoc.infed.edu.ar/upload/Tecnologia\\_y\\_educacion\\_de\\_adultos.\\_Cambio\\_metodologico\\_en\\_las\\_matematicas\\_.pdf](https://cedoc.infed.edu.ar/upload/Tecnologia_y_educacion_de_adultos._Cambio_metodologico_en_las_matematicas_.pdf)

Quadri, N. (s.f). Sistemas de aire acondicionado. Buenos Aires: Alsina.



Roberto, H. S. (2014). Metodología De la investigación sexta edición (Vol. 6). (McGRAW-HILL, Ed.) México, México: INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Siam, L. (2013). Strategy Development for Condensate Water Recovery from Air Conditioning in Palestine  
تأفيكملا ا قيناو هل يف نيظسلف ريوطت رتسا قيجيتا مادختسلا هايما قجتانلا نع فتاكت ءاو هلا لخاد  
Strategy Development for Condensate Water Recovery from Air Conditioning in P,  
(1075340).

Sostenible, M. d. (26 de 05 de 2015). Ministerio de ambiente. Recuperado el 03 de 04 de 2019,  
de Parquearvi: <http://parquearvi.org/wp-content/uploads/2016/11/Decreto-1076-de-2015.pdf>

Sostenible, S. (16 de 05 de 2018). sostenibilidad.semana.com. Recuperado el 30 de 06 de 2019,  
de sostenibilidad.semana.com:  
<https://sostenibilidad.semana.com/tendencias/articulo/aires-acondicionados-contribuyen-al-calentamiento-global/40990>

Tuandco. (2019). tuandco.com. Recuperado el 20 de 08 de 2019, de tuandco.com:  
<https://www.tuandco.com/grifo-codo-esfera-manguera-1-2-x3-4-arco>

UNEP. (3 de 05 de 2006). envagreementses. Recuperado el 1 de 04 de 2019, de shared:  
<http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/dtix0898xpa-envagreementses.pdf>

Viceministerio de Ambiente. (2010). Plan Nacional de Producción y Consumo Sostenible.

Obtenido de

<http://www.soyecolombiano.com/site/Portals/0/documents/PoliticaNacionaldeProduccionyConsumoSostenible.pdf>

Wilson, A. (2008, 04 29). Alternative Water Sources: Supply-Side Solutions for Green Buildings. Retrieved from <https://www.buildinggreen.com/feature/alternative-water-sources-supply-side-solutions-green-buildings>

140001, N. I. (23 de 09 de 2015). Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Obtenido de Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

5667-3, N. I. (03 de 11 de 2004). control ambiental. Recuperado el 02 de 06 de 2019, de webnode: <http://files.control-ambiental5.webnode.com.co/2000000140-e3b67e5121/NTC-ISO%205667-03-2004.%20Directrices%20para%20la%20preservacion%20y%20manejo%20de%20muestras.pdf>

## ANEXOS

## Anexo 1. Entrevistas al personal clave



UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC  
FACULTAD INGENIERA CIVIL Y AMBIENTAL  
FECHA: \_\_\_\_\_

<b>Tesis:</b> Propuesta de producción más limpia en la universidad de la costa para la reutilización de agua de condensación de los aires acondicionados en el bloque 7.	
<b>Nombre:</b>	Erik Suarez
<b>Cargo:</b>	Mantenimiento de jardines
<b>1. ¿De donde proviene el agua que se utiliza para regar los jardines y zonas verdes de la Universidad?</b>	
Del pozo de la Universidad	
<b>2. ¿Con que frecuencia realiza la actividad de riego?</b>	
El riego se realiza día por medio en épocas de escasez de lluvia, este puede durar aproximadamente 4 a 5 minutos	
<b>3. ¿En promedio cuanta agua cree usted que se gasta regando cada jardín de la Universidad?</b>	
Mas o menos 300 litros	
<b>4. ¿Cada cuanto se realiza el mantenimiento a los jardines y como es el mantenimiento?</b>	
En general cada mes, se palan, se fumigan y se fertiliza si es necesario. Los jardines se cambian cada 4 meses dependiendo del estado.	

**Imagen 1.** Entrevista al señor Erick Suarez, área mantenimiento de jardines. Fuente: Autores 2019



UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC  
FACULTAD INGENIERA CIVIL Y AMBIENTAL

FECHA:

<b>Tesis:</b> Propuesta de producción más limpia en la universidad de la costa para la reutilización de agua de condensación de los aires acondicionados en el bloque 7.	
<b>Nombre:</b>	Alexis Mesa
<b>Cargo:</b>	Mantenimiento
<b>1. ¿Cuáles son los horarios de funcionamiento de los aires acondicionados del bloque 7?</b>	
los aires acondicionados funcionan desde las 6:30 am hasta 9:30 pm de lunes a viernes.	
<b>2. ¿Con que frecuencia se realiza el mantenimiento a los aires acondicionados del bloque 7 y en que consiste?</b>	
los aires acondicionados reciben mantenimiento cada mes. Se limpian y se lavan de ser necesario.	
<b>3. ¿De las actividades que usted realiza, en cuales consume agua y cuanto gasta en promedio para su realización?</b>	
Se realiza un lavado del area una vez al mes, pero no hay estimación del agua gastada, pues se realiza con una manguera	

**Imagen 2.** Entrevista al señor Alexis Mesa, área mantenimiento. Fuente: Autores 2019



**UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC**  
**FACULTAD INGENIERA CIVIL Y AMBIENTAL**  
**FECHA:**

<b>Tesis:</b> Propuesta de producción más limpia en la universidad de la costa para la reutilización de agua de condensación de los aires acondicionados en el bloque 7.	
<b>Nombre:</b>	Darlis María Camargo Arias
<b>Cargo:</b>	Aseadora
<b>1. ¿Qué actividades realiza usted dentro de la universidad que requieran consumo de agua?</b>	
-Trapear los pisos, limpiar vidrios, lavar los utensilios de la cocina	
<b>2. ¿En promedio cuantos litros de agua se gastan en las actividades de limpieza del bloque 7?</b>	
10 litros en el aseo y limpieza del bloque, los laboratorios se asean los sábados y se gastan aproximadamente 5 litros	
<b>3. ¿Cuántas veces en el día se le realiza aseo al bloque 7?</b>	
1 sola vez al día de lunes a Sábado.	
<b>4. ¿De donde toman y de donde proviene el agua que utilizan para las actividades de aseo?</b>	
Del pozo de la Universidad.	

**Imagen 3.** Entrevista a la señora Darlis Camargo, área mantenimiento aseo. Fuente: Autores 2019

Anexo 2. Evidencias fotográficas de las entrevistas



*Imagen 1.* Entrevista a la Ingeniera Erika Suarez. Fuente: Autores 2019



*Imagen 2.* Entrevista a la señora Darlis Camargo. Fuente: Autores 2019



*Imagen 3.* Entrevista al señor Erick Suarez. Fuente: Autores 2019



**Anexo 3. Evidencias fotográficas del monitoreo y experiencia en el laboratorio**



*Imagen 1.* Puntos de descargas. Fuente: Autores 2019



*Imagen 2.* Análisis de parámetros microbiológicos del agua condensada. Fuente: Autores 2019



*Imagen 3.* Análisis de parámetros físicos químicos del agua condensada. Fuente: Autores 2019



*Imagen 4.* Mediciones de Caudal. Fuente: Autores 2019



Anexo 4. Datos obtenidos en el laboratorio de la caracterización fisicoquímica, método

titulación

Tabla 1.

Datos de laboratorio 14 de junio del 2018.

Réplica	Acidez (ml gastados)	Alcalinidad (ml gastados)	Dureza Total (ml gastados)	Dureza Cálctica (ml gastados)	Cloruros (ml gastados)
1	0.1	1.1	0.4	0.2	1.2
2	0.1	0.6	0.4	0.3	1.4
3	0.1	1.1	0.3	0.3	1.5
Promedio	0.1	0.933	0.367	0.267	1.367

Nota: elaboración propia.

Tabla 2.

Datos de laboratorio 15 de junio del 2018.

Replica	Acidez (ml gastados)	Alcalinidad (ml gastados)	Dureza Total (ml gastados)	Dureza Cálctica (ml gastados)	Cloruros (ml gastados)
1	0.4	1.1	0.4	0.2	1.6
2	0.3	1.3	0.3	0.2	1.5
3	0.1	0.5	0.3	0.2	1.5
Promedio	0.267	0.967	0.333	0.200	1.533

Nota: elaboración propia.

Tabla 3.

Datos de laboratorio 18 de junio del 2018.

Replica	Acidez (ml gastados)	Alcalinidad (ml gastados)	Dureza Total (ml gastados)	Dureza Cálctica (ml gastados)	Cloruros (ml gastados)
1	0.2	1.3	0.3	0.3	1
2	0.1	1	0.4	0.3	0.8
3	0.1	0.8	0.3	0.3	1.2
Promedio	0.133	1.033	0.333	0.300	1

Nota: elaboración propia.

Tabla 4.

Datos de laboratorio 19 de junio del 2018.

Replica	Acidez (ml gastados)	Alcalinidad (ml gastados)	Dureza Total (ml gastados)	Dureza Cálctica (ml gastados)	Cloruros (ml gastados)
1	0.4	0.9	0.3	0.2	1.1
2	0.2	1.7	0.2	0.3	1.3
3	0.2	0.5	0.3	0.2	1.4
Promedio	0.267	1.033	0.267	0.233	1.267

Nota: elaboración propia.

Tabla 5.

Datos de laboratorio 20 de junio del 2018.

Réplica	Acidez (ml gastados)	Alcalinidad (ml gastados)	Dureza Total (ml gastados)	Dureza Cálcida (ml gastados)	Cloruros (ml gastados)
1	0.2	1.3	0.2	0.3	1
2	0.2	1.2	0.3	0.2	1
3	0.3	1.4	0.3	0.2	1.1
Promedio	<b>0.233</b>	<b>1.300</b>	<b>0.267</b>	<b>0.233</b>	<b>1.033</b>

Nota: elaboración propia.

Tabla 6.

Datos de laboratorio 21 de junio del 2018.

Réplica	Acidez (ml gastados)	Alcalinidad (ml gastados)	Dureza Total (ml gastados)	Dureza Cálcida (ml gastados)	Cloruros (ml gastados)
1	0.2	0.7	0.5	0.2	1.5
2	0.2	0.9	0.3	0.2	1.1
3	0.1	0.6	0.2	0.2	1.1
Promedio	<b>0.167</b>	<b>0.733</b>	<b>0.333</b>	<b>0.200</b>	<b>1.233</b>

Nota: elaboración propia.

Tabla 7.

Datos de la caracterización fisicoquímica y microbiológica para cada día de monitoreo.

PARÁMETRO	UNIDADES	DIA 14	DIA 15	DIA 18	DIA 19	DIA 20	DIA 21
pH	Unidades de pH	-	-	8,77	8,26	7,9	8,37
Alcalinidad	mg/L CaCO3	37,32	38,68	41,32	1,32	52	29,32
Acidez	mg/LCaCO3	4	10,68	5,32	10,68	9,32	6,68
Dureza total	mg/L CaCO3	29,36	26,64	26,64	21,36	21,36	26,64
Dureza cálcica	mg/L CaCO3	21	16	24	18,64	18,64	16
Dureza magnésica	mg/L CaCO3	8	10,64	2,64	2,72	2,72	10,64
Cloruros	mg/L CaCO3	7,338	10,657	0	5,338	0,66	4,659
Temperatura	mg/L CaCO3	-	-	22,34	24,18	23,38	23,13
Salinidad	ppm	-	-	0,04	0,02	0,01	0,01
Conductividad	µsiemens/cm)	-	-	0,077	0,037	0,032	0,033
Nitratos	NO3(mg/l)	0,645	0,338	0,472	0,564	0,45	-
Nitritos	NO2(mg/l)	0,25	0,218	0,377	0,339	0,31	-
Fosfatos	PO4(mg/l)	0,85	0,9	0	0	0	-
Sulfatos	SO4	0,667	0,667	1,667	0,667	0,667	-
Coliformes Totales	(NMP/100ml)	-	-	-	-	-	0

Nota: elaboración propia.

Anexo 5. Datos obtenidos en el monitoreo para la determinación de caudal

Tabla 1.

Muestreo 13 de junio del 2018

Hora	Tiempo(h)	Volumen(ml)			Volumen Total (L)
		Punto 1	Punto 2	Punto 3	
9:30 - 10:30	1	3220	0	14340	17.560
11:00 - 12:00	1	3213	0	16720	19.933
12:30 - 13:30	1	2780	0	16360	19.140
14:00 - 15:00	1	2560	0	14370	16.930
15:30 - 16:30	1	2880	0	14470	17.350
TOTAL					90.913

Nota: elaboración propia.

Tabla 2.

Muestreo 14 de junio del 2018

Hora	Tiempo(h)	Volumen(ml)			Volumen Total (L)
		Punto 1	Punto 2	Punto 3	
7:30 - 8:30	1	3570	0	0	3.570
8:30 - 9:30	1	3300	0	23520	26.820
9:30 - 10:30	1	3410	1780	0	5.190
10:30 - 11:30	1	3081	1710	21470	26.261
11:30 - 12:30	1	3022	1680	18330	23.032
TOTAL					84.873

Nota: elaboración propia.

Tabla 3.

Muestreo 15 de junio del 2018

Hora	Tiempo(h)	Volumen(ml)			Volumen Total (L)
		Punto 1	Punto 2	Punto 3	
9:30 - 10:30	1	3340	4220	15890	23.450
10:30 - 11:30	1	3380	1730	19110	24.220
14:00 - 15:00	1	2120	4280	16350	22.750
15:00 - 16:00	1	0	1880	0	1.880
15:30 - 16:30	1	1640	0	18390	20.030
16:00 - 17:00	1	0	2870	0	2.870
TOTAL					95.200

Nota: elaboración propia.

Tabla 4.

Muestreo 16 de junio del 2018

Hora	Tiempo(h)	Volumen(ml)			Volumen Total (L)
		Punto 1	Punto 2	Punto 3	
<b>11:30 - 12:30</b>	1	4960	4960	16019	25.939

Nota: Este día solo se realizó el monitoreo una hora, debido a la disponibilidad del laboratorio. Elaboración propia.

Tabla 5.

Muestreo 18 de junio del 2018

Hora	Tiempo(h)	Volumen (ml)			Volumen Total (L)
		Punto 1	Punto 2	Punto 3	
<b>9:30 - 10:30</b>	1	3090	5250	22530	30.870
<b>10:30 - 11:30</b>	1	4390	4350	22070	30.810
<b>13:30 - 14:30</b>	1	990	2570	21000	24.560
<b>15:00 - 16:00</b>	1	3085	3330	17210	23.625
<b>TOTAL</b>					<b>109.865</b>

Nota: elaboración propia.

Tabla 6.

Muestreo 19 de junio del 2018

Hora	Tiempo(h)	Volumen(ml)			Volumen Total (L)
		Punto 1	Punto 2	Punto 3	
<b>9:30 - 10:30</b>	1	2750	1360	16190	20.300
<b>10:30 - 11:30</b>	1	4114	1640	17067	22.821
<b>14:30 - 15:30</b>	1	2043	2650	14520	19.213
<b>15:30 - 16:30</b>	1	3000	2710	14055	19.765
<b>TOTAL</b>					<b>82.099</b>

Nota: elaboración propia.

Tabla 7.

Muestreo 20 de junio del 2018

Hora	Tiempo(h)	Volumen(ml)			Volumen Total (L)
		Punto 1	Punto 2	Punto 3	
<b>9:30 - 10:30</b>	1	2560	2870	9150	14.580
<b>10:30 - 11:30</b>	1	3115	4325	11112	18.552
<b>11:30 - 12:30</b>	1	1870	3880	11340	17.090
<b>13:30 - 14:30</b>	1	3280	5000	13000	21.280
<b>14:30 - 3:30</b>	1	3750	5670	15000	24.420
<b>15:30 - 16:30</b>	1	3630	5000	12360	20.990
<b>TOTAL</b>					<b>116.912</b>

Nota: elaboración propia.

Tabla 8.

Muestreo 21 de junio del 2018

Hora	Tiempo(h)	Volumen(ml)			Volumen Total (L)
		Punto 1	Punto 2	Punto 3	
<b>9:30 - 10:30</b>	1	2180	3500	22620	28.300
<b>10:30 - 11:30</b>	1	3090	5250	22530	30.870
<b>13:30 - 14:30</b>	1	550	2570	14550	17.670
<b>14:30 - 15:30</b>	1	1290	2620	14530	18.440
<b>15:30 - 16:30</b>	1	4500	3270	10530	18.300
<b>TOTAL</b>					<b>113.580</b>

Nota: elaboración propia.

Anexo 6. Ficha ambiental para la estrategia de reutilización del agua condensada

Tabla 1.

Ficha ambiental para la estrategia de reutilización del agua condensada.

Estrategia de Reutilización de agua condensada.	
Sistema para captación y almacenamiento del agua condensada generada por los aires acondicionados del bloque 7 de la CUC.	
Objetivos	Aprovechar el agua condensada de los aires acondicionados del bloque 7, mediante la recolección, almacenamiento y uso en actividades de riego y aseo.
	Optimizar el uso del agua condensada de los aires acondicionados en las actividades de riego y aseo del bloque 7.
Impactos ambientales	Tipo de medida
Desperdicio de agua	Minimización
Metas	
Recolectar en un 100% el agua generada por los aires acondicionados del bloque 7.	
Fomentar el uso del agua condensada en actividades de riego y aseo para el bloque 7, de esta manera minimizar el impacto ambiental identificado.	
Acciones de Manejo	
<ul style="list-style-type: none"><li>Captación y recolección del agua condensada de los aires acondicionados del bloque 7.<ul style="list-style-type: none"><li>Almacenamiento del agua en un tanque de polipropileno.</li></ul></li><li>Distribución del agua condensada en las actividades de riego de jardines y aseo diario del bloque 7.</li><li>Mantenimiento mensual al tanque de almacenamiento de agua condensada.</li></ul>	
Presupuesto total del Diseño	
\$ 3.474.784	

Nota: Elaboración propia

Anexo 7. Plano de redes de desagüe por pisos bloque 7

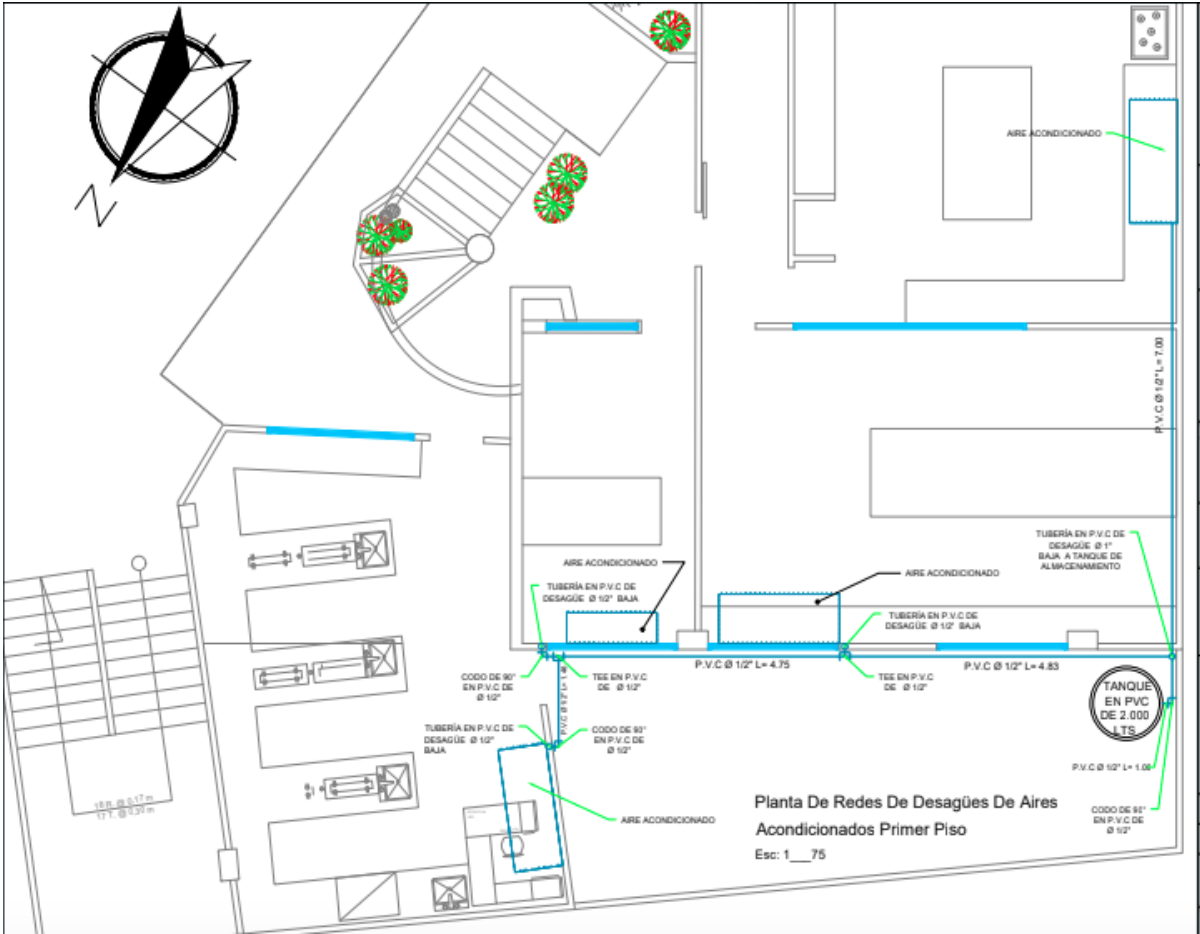


Figura 1. Plano de redes de descarga primer piso. Fuente: Autores 2019

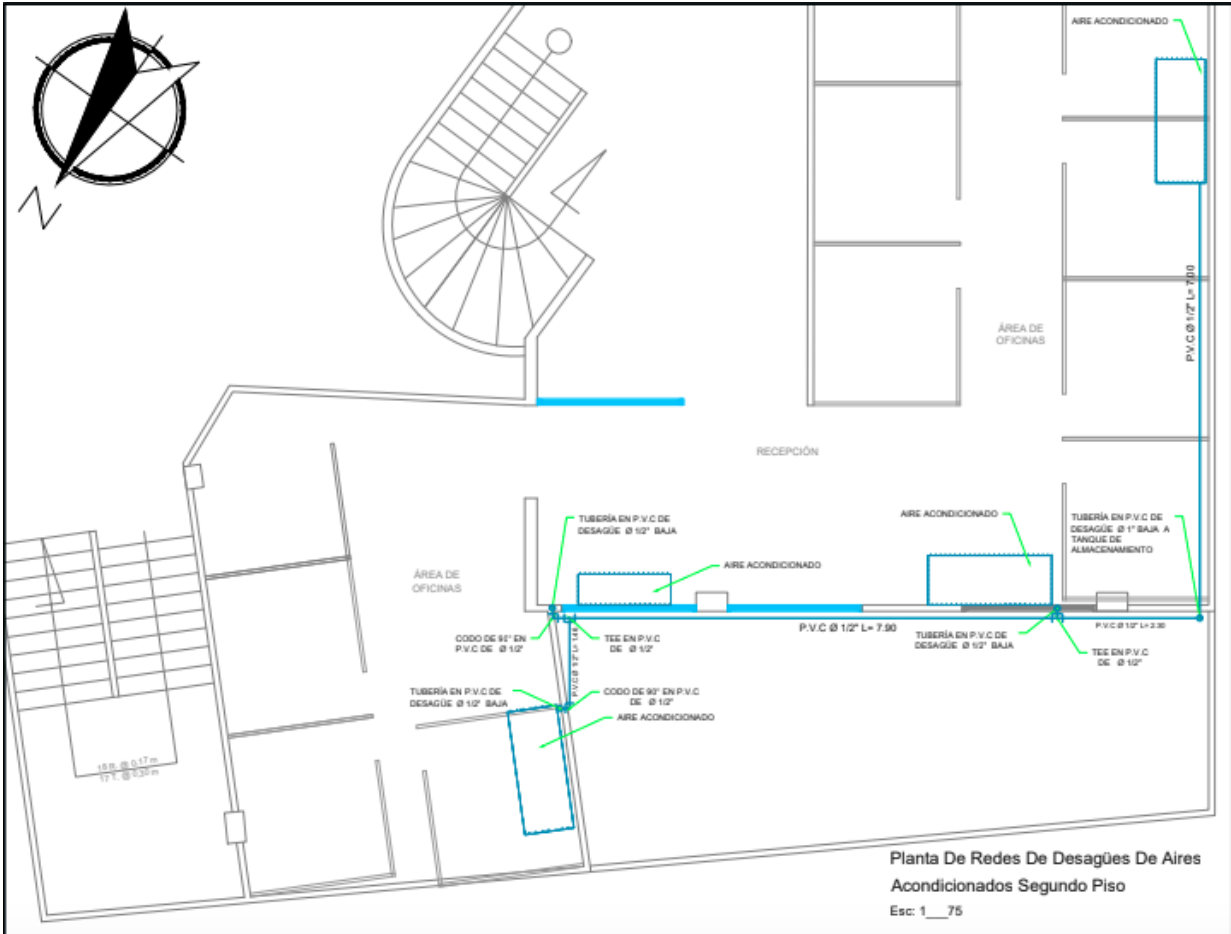


Figura 2. Plano de redes de descarga segundo piso. Fuente: Autores 2019

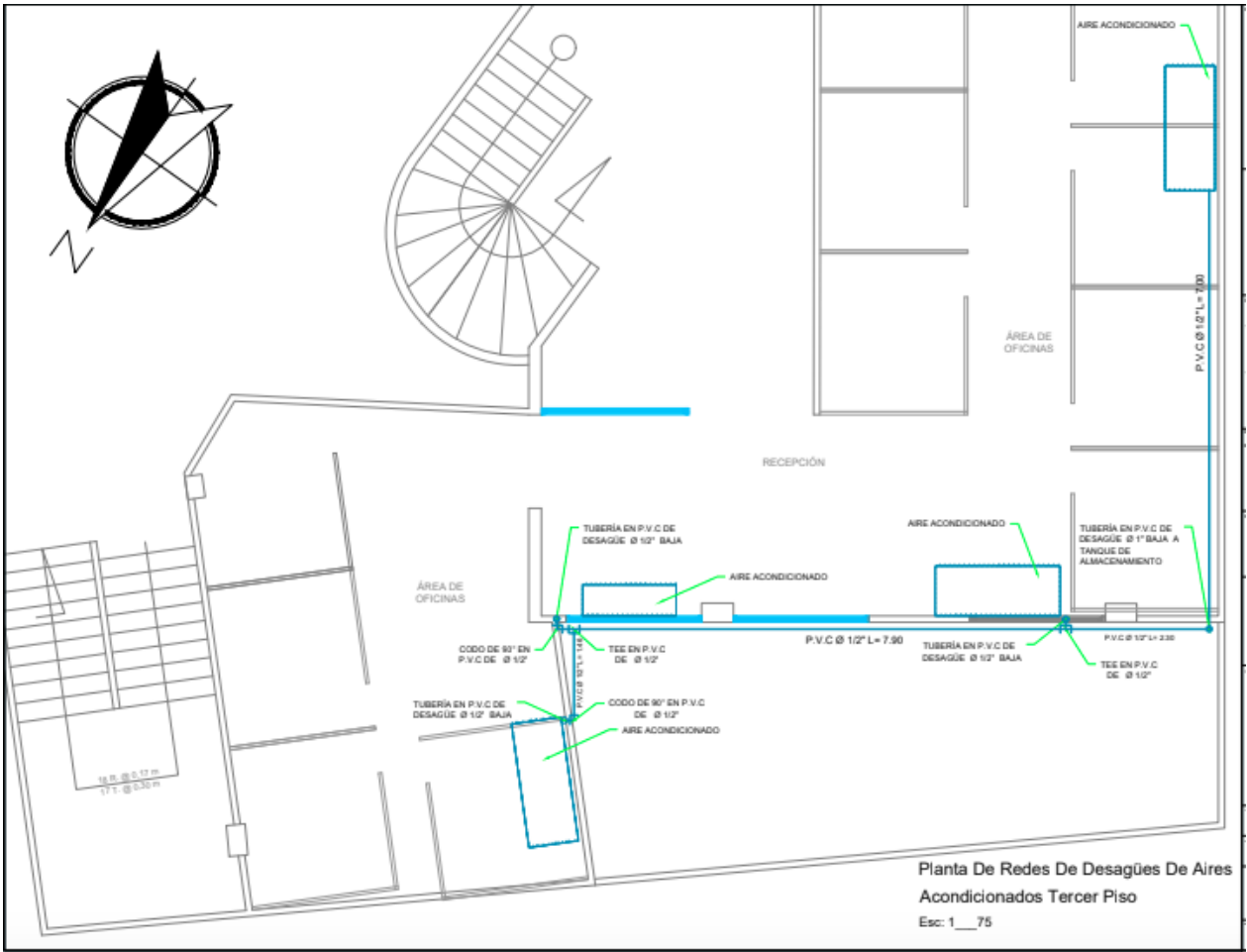


Figura 3. Plano de redes de descarga Tercer piso. Fuente: Autores 2019

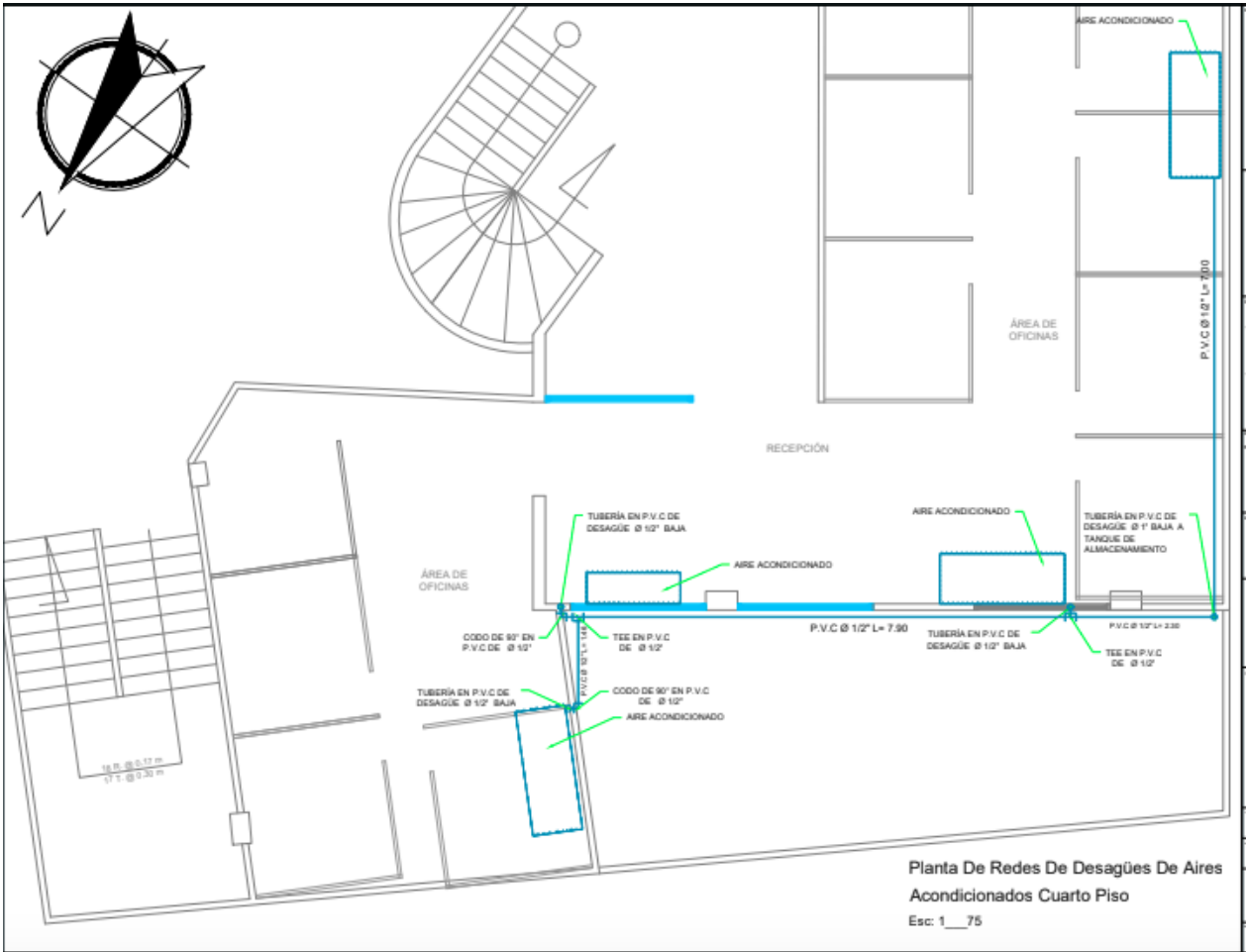


Figura 4. Plano de redes de descarga cuarto piso. Fuente: Autores 2019



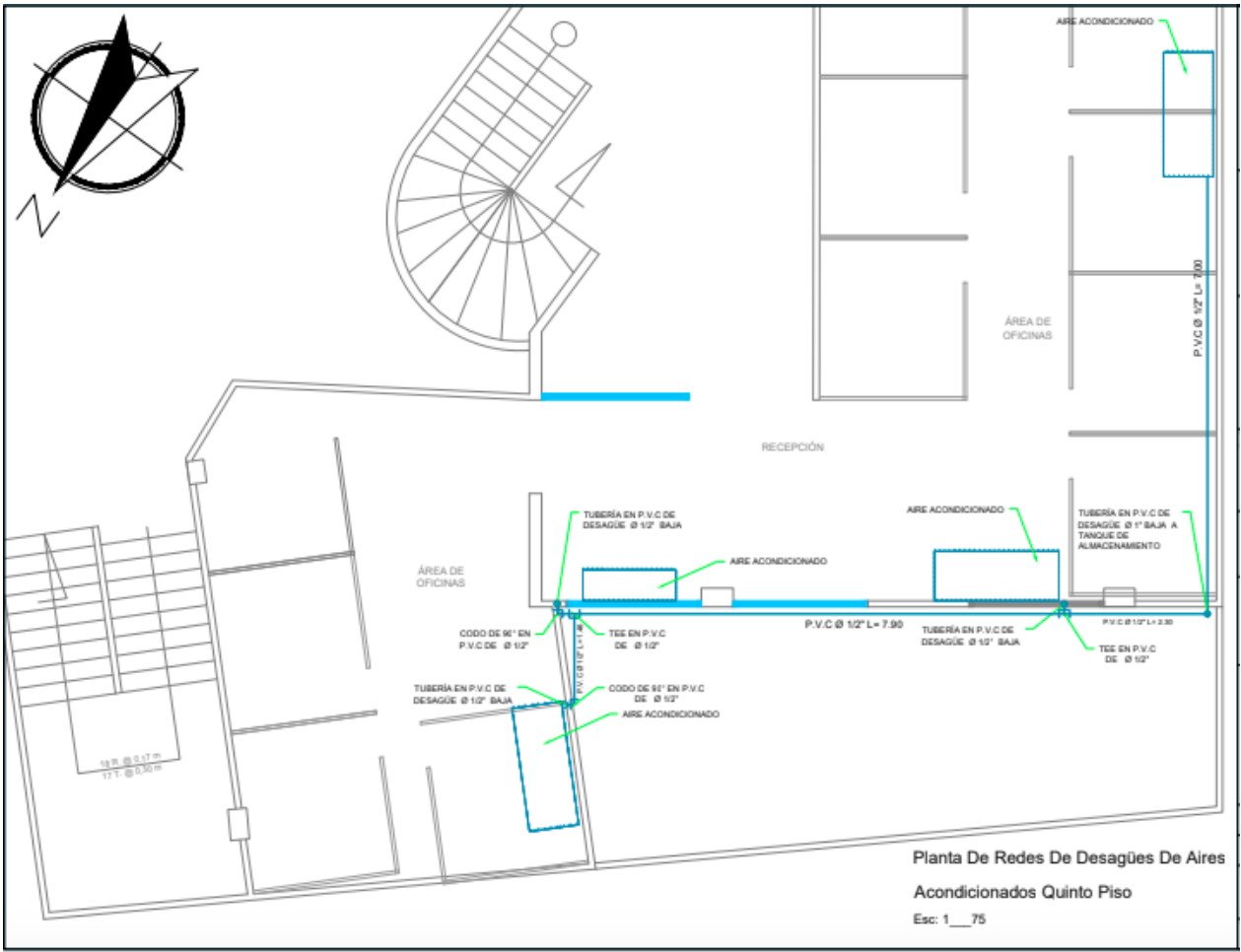


Figura 5. Plano de redes de descarga quinto piso. Fuente: Autores 2019

Anexo 8. Análisis de precios unitarios APU

Tabla 1.

Presupuesto para instalación de tubería de ½

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROPUESTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUA DE CONDENSACIÓN DE LOS AIRES ACONDICIONADOS DEL BLOQUE 7 EN LA UNIVERSIDAD DE LA COSTA					
ITEM:		11,1		UNIDAD:	ML
DESCRIPCION:		Tubería de desagüe Ø 1/2" PVC			
A. EQUIPO	TIPO	TARIFA/DIA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Herramienta Menor 5% M de O.					1.236,36
			SUBTOTAL EQUIPO	VR	1.236,36
B. MATERIALES OBRA	EN UNIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	VALOR UNITARIO	
Tubería de presión PVC 1/2"	ml	1,30	2.500,00	3.250,00	
Codo PVC 1/2"	Und	0,77	450,00	346,50	
Pegante para PVC	Und	0,10	9.000,00	900,00	
Limpiador para PVC	Und	0,05	6.500,00	325,00	
Tee PVC 1/2"	Und	0,33	500,00	165,00	
			SUMA	4.986,50	
			DESPERDICIO %	5,00	249,33
			SUBTOTAL MATERIALES	VR	5.235,83
			A + B	6.472,19	
C. MANO DE OBRA (CUADRILLA)	JOR. TOTAL	CANTIDAD	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Oficial	85000	1,00	5,50	15.454,55	
Ayudante	51000	1,00	5,50	9.272,73	
			SUBTOTAL MANO OBRA	VR	24.727,27
D. VARIOS	UNIDA	CANTIDAD	VR TOTAL	VALOR UNITARIO	
		D	AD		
			SUBTOTAL VARIOS	VR	0,00
			TOTAL DIRECTO	COSTO	32.435,83

Nota: elaboración propia.

Tabla 2.

Presupuesto para instalación de tubería 1.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROPUESTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUA DE CONDENSACIÓN DE LOS AIRES ACONDICIONADOS DEL BLOQUE 7 EN LA UNIVERSIDAD DE LA COSTA					
ITEM:		11,1		UNIDAD:	ML
DESCRIPCION:		Tubería de desagüe Ø 1" PVC			
A. EQUIPO	TIPO	TARIFA/DIA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Herramienta Menor 5% M de O.					1.236,36
			SUBTOTAL EQUIPO	VR	1.236,36
B. MATERIALES OBRA	EN UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	VALOR UNITARIO	
Tubería de presión PVC 1"	ml	1,30	4.500,00	5.850,00	
Codo PVC 1"	Und	0,13	1.300,00	162,50	
Pegante para PVC	Und	0,12	9.000,00	1.080,00	
Limpiador para PVC	Und	0,07	6.500,00	455,00	
Reducción PVC de 1" - 1/2"	Und	0,63	1.200,00	750,00	
Tee PVC 1"	Und	0,68	1.300,00	884,00	
			SUMA	8.297,50	
			DESPERDICIO %	5,00	414,88
			SUBTOTAL MATERIALES	VR	8.712,38
			A + B	9.948,74	
C. MANO DE OBRA (CUADRILLA)	JOR. TOTAL	CANTIDAD	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Oficial	85000	1,00	5,50	15.454,55	
Ayudante	51000	1,00	5,50	9.272,73	
			SUBTOTAL MANO OBRA	VR	24.727,27
D. VARIOS	UNIDAD	CANTIDAD	VR TOTAL	VALOR UNITARIO	
			SUBTOTAL VARIOS	VR	0,00
			TOTA DIRECTO	COSTO	35.912,38

Nota: elaboración propia.

Tabla 3.

Presupuesto para instalación del tanque.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS				
PROPUESTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUA DE CONDENSACIÓN DE LOS AIRES ACONDICIONADOS DEL BLOQUE 7 EN LA UNIVERSIDAD DE LA COSTA				
ITEM:	13,4		UNIDAD:	UND
DESCRIPCION:	suministro e instalación de tanque en PVC de 2,000 lts			
A. EQUIPO	TIPO	TARIF A/DIA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
Herramienta Menor 5% M de O.				
			SUBTOTAL EQUIPO	VR 3.400,00
B. MATERIALES EN OBRA	UNIDA D	CANTI DAD	PRECIO UNITARIO	VALOR UNITARIO
Tanque aéreo de 2000 lts ACUAVIVA	Und	1,00	507.900,00	507.900,00
Válvula De Flotador Mini Ajustable Plástica Para Tanque Agua	m132	1.00	26.000,00	0,00
			SUMA	507.900,00
			DESPERDICIO %	5,00 25.395,00
			SUBTOTAL MATERIALES	VR 533.295,00
			A + B	536.695,00
C. MANO DE OBRA (CUADRILLA)	JOR. TOTAL	CANTI DAD	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
Oficial	85000	1,00	2,00	42.500,00
Ayudante	51000	1,00	2,00	25.500,00
			SUBTOTAL MANO OBRA	VR 68.000,00
D. VARIOS	UNIDA D	CANTI DAD	VR TOTAL	VALOR UNITARIO
			SUBTOTAL VARIOS	VR 0,00
			TOTAL COSTO DIRECTO	608.095,00

Nota: elaboración propia.

